

**TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
FAKULTA TEXTILNÍ**

DIPLOMOVÁ PRÁCE

LIBEREC 2013

Bc. IVA PLEŠKOVÁ

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
FAKULTA TEXTILNÍ



Studijní program: N3108 Průmyslový management
Studijní obor: 3106T014 – 081 Produktový management - strojírenství

**RIZIKA POŠKOZENÍ OZUBENÍ HŘÍDELŮ
A KOL VE VÝROBĚ PŘEVODOVEK**
**RISKS OF TOOTHED SHAFTS AND COGGED
WHEELS DAMAGE DURING GEARBOX
MANUFACTURING**

Bc. Iva Plešková

KHT - 187

Vedoucí diplomové práce: Ing. Pavel Šimek

Konzultant diplomové práce: Ing. Miroslava Maršálková, Ph.D.

Rozsah práce:

Počet stran91

Počet obrázků66

Počet tabulek25

Počet stran příloh...3

zadání

Zadání práce

(vložit originál)

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že předložená *diplomová* práce je původní a zpracovala jsem ji samostatně. Prohlašuji, že citace použitých pramenů je úplná, že jsem v práci neporušila autorská práva (ve smyslu zákona č. 121/2000 Sb. O právu autorském a o právech souvisejících s právem autorským).

Souhlasím s umístěním *diplomové* práce v Univerzitní knihovně TUL.

Byla jsem seznámena s tím, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č.121/2000 Sb. o právu autorském, zejména § 60 (školní dílo).

Beru na vědomí, že TUL má právo na uzavření licenční smlouvy o užití mé diplomové práce a prohlašuji, že **s o u h l a s í m** s případným užitím mé diplomové práce (prodej, zapůjčení apod.).

Jsem si vědoma toho, že užít své diplomové práce či poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem TUL, která má právo ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, vynaložených univerzitou na vytvoření díla (až do jejich skutečné výše).

V Liberci dne

.....

Podpis

PODĚKOVÁNÍ

Touto cestou bych chtěla poděkovat vedoucím mé diplomové práce Ing. Pavlu Šimkovi a konzultantce Ing. Miroslavě Maršálkové, Ph.D. za pomoc a odborné vedení při řešení diplomové práce. Dále bych chtěla poděkovat specialistům z firmy Škoda Auto, a. s. za cenné rady.

V neposlední řadě patří dík mé rodině a blízkým, kteří mě podporovali po celou dobu studia na vysoké škole.

ANOTACE

Diplomová práce se zabývá riziky poškození ozubení hřídelů a kol ve výrobě převodovek. Hlavním úkolem diplomové práce bylo zanalyzovat technologický tok výroby dílů s důrazem na způsob opracování ozubení. Dalším úkolem bylo nalézt rizika poškození ozubení a na ně stanovit nápravná opatření, což povede ke snížení poškození převodovek. Pro vyhodnocení míst poškození na ozubení bylo zvoleno statistické vyhodnocení dat pomocí paretovy analýzy. Následně byla navržena preventivní opatření. Jedno z preventivních opatření bylo vytvoření katalogu nejčastějšího poškození dílů, který bude sloužit ve výrobě jako školící materiál.

KLÍČOVÁ SLOVA:

- převodovka
- ozubení
- paretova analýza
- rizika poškození ozubení

ANNOTATION

This thesis deals with risks of damage incurred to toothed shafts and cogged wheels during gear box manufacturing. The main aim of the thesis was to analyse technological flow of gearbox parts production with an emphasis on the way of processing the cog gear. The other task was to find risks of gear damage and to find reparatory solutions that would lead to abatement of gearbox damages. Pareto principle was used to appraise damaged places. Then preventive measures were suggested. One of the preventive measures was to create catalogue of most frequent parts damages to serve as training material during production.

KEY WORDS:

- gearbox
- gearing
- Pareto principle
- risks of gearing damage

Seznam použitých zkratk a symbolů

b	šířka ozubeného věnce
D	průměr roztečné kružnice
D _a	průměr hlavové kružnice
D _f	průměr patní kružnice
h	výška zubu
h _a	výška hlavy zubu
h _f	výška paty zubu
KMS	kontrolní měrové středisko
MQ 200	převodovka pro přenos krouticího momentu do 200 Nm
Nm	jednotka momentu síly
Rad	hnací kolo
s	tloušťka zubu
s _u	šířka zubní mezery
Schaltrad (SCH)	hnané kolo
t	rozteč
TPM	autonomní údržba
VW	Volkswagen

Obsah

ÚVOD	10
1. LITERÁRNÍ ČÁST	11
1.1. Převodovka	11
1.1.1. Převodovka MQ 200	11
1.1.1.1. Modulová konstrukce	12
1.1.1.2. Konstrukce převodovky	13
1.1.1.3. Výroba dílů převodovky	18
1.1.1.4. Technologické postupy výroby dílů převodovky	24
1.2. Ozubení	29
1.2.1. Čelní ozubení	29
1.2.2. Parametry ozubení	30
1.2.3. Metody měření ozubení	31
1.2.4. Kontrola ozubení	31
1.2.4.1. CM Digit	31
1.2.4.1.1. Princip zařízení	33
1.2.4.1.2. Kontrola hlučnosti s NoisyS	33
2. EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST	35
2.1. Statistické vyhodnocení	35
2.1.1. Binomické rozdělení	35
2.1.2. Paretova analýza	37
2.2. Rizika poškození ozubení	63
2.2.1. Poškození kola 3., 4. a 5. rychlosti (RAD)	64
2.2.2. Poškození kola 3., 4. a 5. rychlosti (SCHALTRAD)	66
2.2.3. Hnaný hřídel - Pastorek	69
2.2.4. Hnací hřídel	70
2.2.5. Kolo 1. a 2. rychlosti	71
2.2.6. Hnané kolo rozvodovky - diferenciál	73
2.3. Preventivní opatření proti poškození ozubení	75
2.3.1. Preventivní opatření pro kola 3., 4. a 5. rychlosti (RAD)	75
2.3.2. Preventivní opatření pro kola 3., 4. a 5. rychlosti (SCHALTRAD)	76
2.3.3. Preventivní opatření pro hnaný hřídel – pastorek	77
2.3.4. Preventivní opatření pro hnací hřídel	78
Rizika poškození ozubení hřídelů a kol ve výrobě převodovek	8

2.3.5.	Preventivní opatření pro kola 1. a 2. rychlosti	79
2.3.6.	Preventivní opatření pro hnané kolo rozvodovky - diferenciál	80
2.3.7.	Další preventivní opatření	81
2.4.	Katalog poškození dílů	82
3.	ZÁVĚR	83
	Použitá literatura	85
	Seznam obrázků a tabulek	87
	Seznam příloh	90

ÚVOD

Strojírenská technologie jako věda analyzuje výrobní proces do všech podrobností tak, aby byly vytvořeny účelné a ekonomické podmínky pro aplikaci nejnovějších poznatků vědy a techniky ve výrobním procesu a ze všech technických věd má největší význam pro dosažení maximální produktivity a hospodárnosti výroby.

Tato práce je rozdělena do dvou částí. V teoretické části se diplomová práce zabývá analýzou technologického toku výroby dílů s důrazem na způsob opracování. Dále se věnuje ozubením, především kontrole a měření ozubení. Další část tvoří statistické metody pro vyhodnocení dat získaných z výroby.

Cílem diplomové práce bylo stanovit riziková místa, kde dochází k poškození ozubení, z výsledků vyhodnocení poškození ozubení při výrobě na stroji CM Digit a z výsledků analýz neshodných převodovek. Následně na tato riziková místa udělat nápravná opatření, aby nedocházelo k poškození ozubení při výrobě dílů a snížily se počty poškozených převodovek na montáži.

Dalším úkolem bylo vytvořit katalog nejčastějšího poškození dílů, kde je stanoveno o jakou závadu se jedná, jaká je příčina vzniku poškození a následně nápravná opatření proti opětovnému poškození dílů. Katalog poškození dílů bude sloužit pro jednotlivá střediska, kde bude využíván při školení nových zaměstnanců, při poradách poškození dílů.

1. LITERÁRNÍ ČÁST

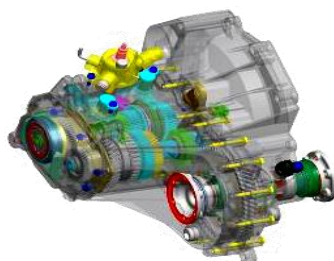
1.1. Převodovka

Převodovka umožňuje plynulou změnu převodu mezi motorem a hnacími koly tak, aby měl motor stále vhodný provozní režim. Motor musí překonávat odpory - např. odpor valení kol, aerodynamický odpor vozu, odpor stoupání, odpory setrvačnosti při zrychlení, pasivní odpory atd. [1]

1.1.1. Převodovka MQ 200

Převodovka MQ 200 je pětistupňová mechanická převodovka. Mechanické převodovky jsou dnes stále ještě nejrozšířenějším druhem převodovek jak v České Republice, tak v celosvětovém měřítku. Dnes se v nových osobních automobilech používají mechanické převodovky především s pěti nebo šesti rychlostními stupni. Jejich největší výhodou je relativní jednoduchost konstrukce. Z toho vyplývá menší nákladnost oproti jiným typům převodovek a poměrně nízká hmotnost. Účinnost mechanických převodovek je stále ještě nejvyšší a běžně dosahuje 97 %, ale může být i vyšší. Jsou také navrhovány jako bezúdržbové, protože po celou dobu životnosti nevyžadují výměnu oleje. [12]

Pětistupňová převodovka MQ 200 vyráběná ve firmě Škoda Auto, a. s. je velmi lehká, je opatřena dvěma hřídeli. Tato převodovka má hliníkovou skříň. Převodovka má lankové řazení a hydraulické ovládání spojky. Změna převodových stupňů je realizována řadicí pákou, která se pohybuje v kulise ve tvaru dvojitého H. Při řazení zpětného chodu musí být řadicí páka zatlačena. Spojka je též ovládána manuálně pomocí spojkového pedálu. [8, 9]



Obr. č. 1: Převodovka MQ 200 [3]

Technické parametry převodovky:

- maximální krouticí moment 200 Nm
- hmotnost 33 kg
- množství olejové náplně 1,9 l

Cíle převodovky:

- snadné a přesné řazení
- optimální účinnost
- co nejmenší hmotnost
- modulová konstrukce
- možnost použití jednotné lankové řazení

1.1.1.1. Modulová konstrukce

Konstrukčním znakem převodovky MQ 200 je její modulová stavba. Modulové provedení zjednodušuje montáž. [8]

Mezi moduly patří:

- **držák ložiska hnacího a hnaného hřídele**
- **řadicí hřídel s víkem řazení**

Na tomto modelu je umístěna aretační páka a jsou v něm umístěny všechny dorazy, pera a vodící prvky řazení.

- **vypínací páka spojky**

Tento modul se skládá z vypínací páky, vypínacího ložiska a vodícího pouzdra

- **vnitřní řazení**

Vnitřní řazení obsahuje řadicí vidličky, páky řazení a uložení.

- **skříň**

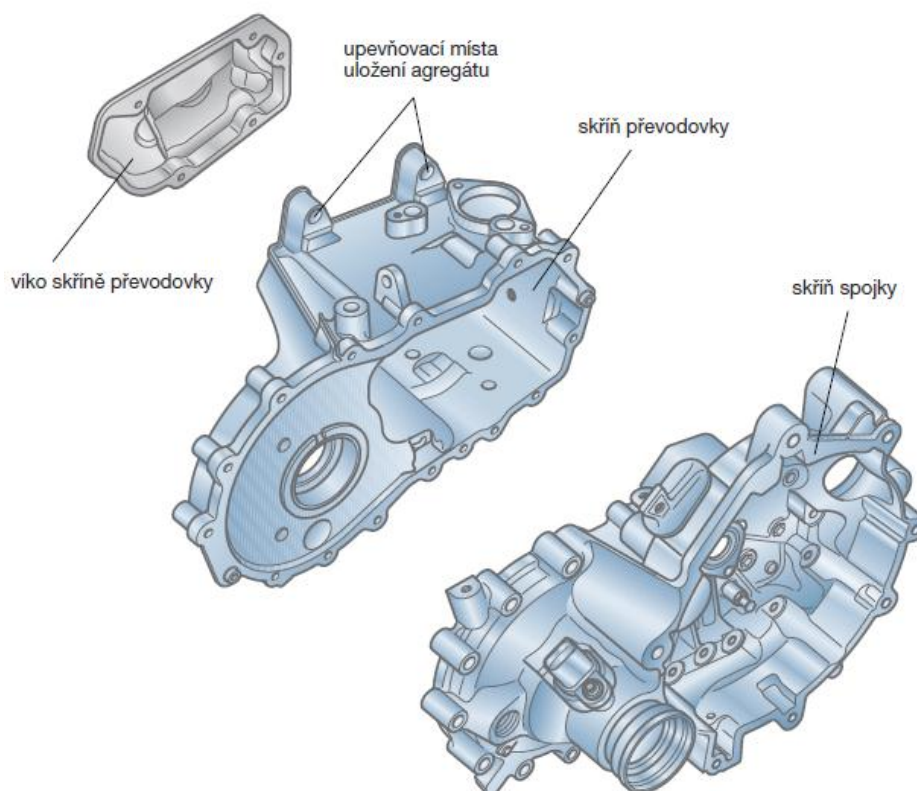
Skříň se skládá ze dvou částí a to ze skříně převodovky a ze skříně spojky.

1.1.1.2. Konstrukce převodovky

Převodovka se skládá ze dvou hlavních hřídelů a z hřídele, na kterém je vloženo kolo zpětného chodu. Ozubená kola na hnacím a hnaném hřídeli mají šikmé ozubení a jsou v trvalém záběru. Tichý chod převodovky zaručuje uložení kol na jehlových ložiskách. Kolo zpětného chodu má ozubení s přímými zuby. Řazená kola 1. a 2. rychlostního stupně jsou na hnaném hřídeli a řazená kola 3., 4. a 5. rychlostního stupně jsou na hnacím hřídeli. Všechny rychlosti kromě kola zpětného chodu jsou synchronizované a 1. a 2. rychlostní stupně mají dvojnásobnou synchronizaci. Krouticí moment je přenášen přes ozubení hnaného hřídele na ozubené kolo rozvodovky, a tím na diferenciál. [3, 8]

- **Skříň převodovky**

Skříň převodovky je tvořena dvěma částmi a to skříní převodovky a skříní spojky. Směrem ven je skříň uzavřena víkem a na vrchní části skříně jsou umístěny upevňovací místa pro konzolu uložení agregátu a ve spodní části uchycení pro připevnění kyvné vzpěry. [8]



Obr. č. 2: Skříň převodovky

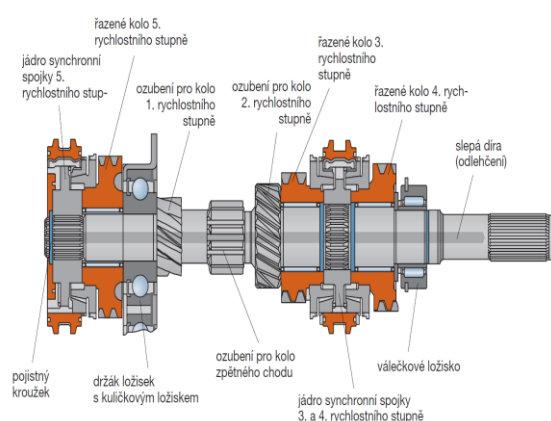
- **Hnací hřídel**

Hnací hřídel je uložen ve skříní spojky ve válečkovém ložisku (volné uložení) a v držáku ložisek v kuličkovém ložisku (pevné uložení). V ose hřídele je vyvrtaná slepá díra, aby se snížila jeho hmotnost. Ozubení pro kolo 1. a 2. rychlostního stupně a ozubení pro kolo zpětného chodu jsou vytvořena přímo na hnacím hřídeli. Řazená kola 3., 4. a 5. rychlostního stupně jsou uložena na jehlových ložiskách a jsou volná. Jádru synchronní spojky 3. a 4. rychlostního stupně a jádro synchronní spojky 5. rychlostního stupně jsou s hnacím hřídelem pevně spojena drážkováním. Řazená kola a synchronní spojky jsou ve svých polohách pomocí pojistných kroužků. [8]

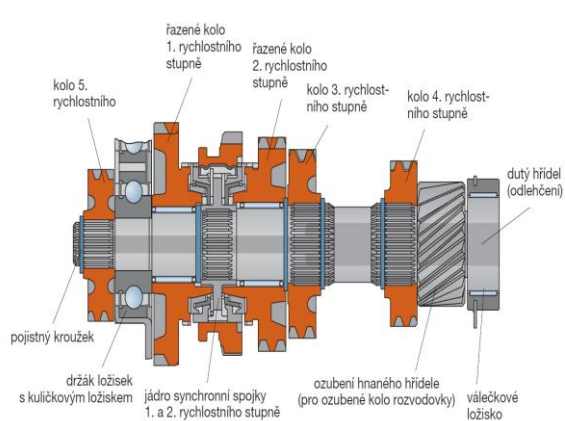
- **Hnaný hřídel**

Hnaný hřídel je uložen na jednom konci pevně, na druhém volně. Hnaný hřídel je ve skříní převodovky uložen ve válečkovém ložisku, které je ve skříní spojky (volně), v kuličkovém ložisku, které je v držáku ložisek (pevně). Hnaný hřídel je dutý, čímž dochází k jeho odlehčení.

Řazená kola 3., 4. a 5. rychlostního stupně a jádro synchronní spojky 1. a 2. rychlostního stupně jsou s hnaným hřídelem spojena pomocí drážkování, ve svých polohách jsou zajištěna pojistnými kroužky. Řazená kola 1. a 2. rychlostního stupně jsou na hnaném hřídeli uložena na jehlových ložiskách. [8]



Obr. č. 3: Hnací hřídel [3]



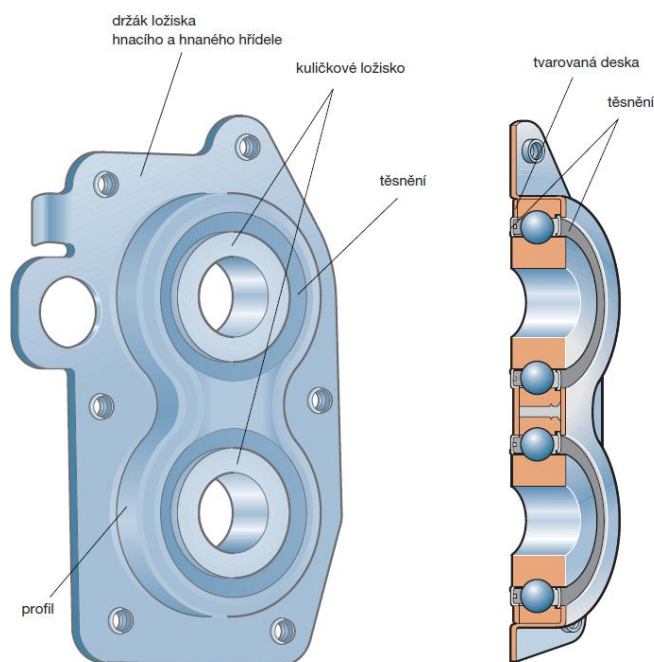
Obr. č. 4: Hnaný hřídel [3]

- **Držák ložiska hnaného a hnacího hřídele**

Tento modul se skládá z držáku ložisek, hnacího a hnaného hřídele se soustavami ozubených kol. Pro snadnou montáž se celý modul se sestavuje mimo převodovku a poté se vkládá do převodovky.

Nedílnou součástí držáku ložisek jsou kuličková ložiska, nejsou nalisována do skříně převodovky. Obě kuličková ložiska, slouží k pevnému uložení hnacího a hnaného hřídele, jsou zalisována do držáku a vytvářejí s ním kompaktní díl. V konstrukční poloze jsou obě kuličková ložiska fixována tvarovou deskou, která je s držákem ložisek svařena. Kuličková ložiska jsou z obou stran chráněna těsněními proti vnikání částeczek otěru, které jsou obsaženy v převodovém oleji.

Držák ložisek se zalisovává profilem do skříně převodovky a zajišťuje se na ní šesti šrouby. [3]



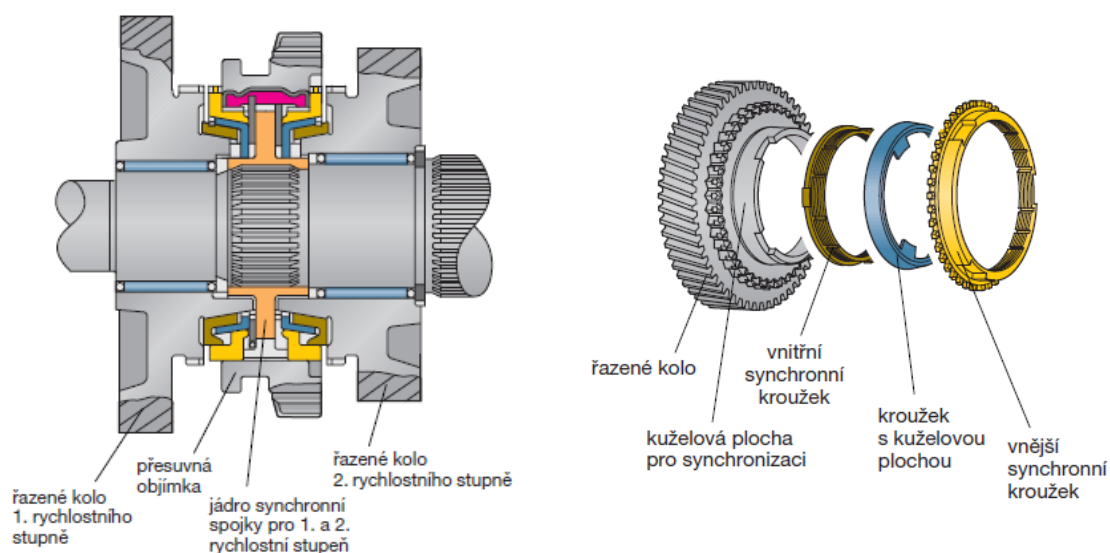
Obr. č. 5: držák ložiska hnacího a hnaného hřídele [8]

• Dvojnásobná synchronizace 1. a 2. rychlostního stupně

Synchronizace slouží při řazení k plynulému vyrovnání otáček synchronizační spojky s otáčkami k ní přiléhajícího ozubeného kola, které jsou při přerazení rozdílné. Synchronizace pracuje na principu třecí kuželové spojky. Při řazení jádro synchronizační spojky díky jednomu nebo dvěma synchronním kroužkům nejdříve vyrovná úhlové rychlosti kola a hřídele. To zaručuje plynulý nárůst krouticího momentu bez větších rázů a obušování zubů spojky, k čemuž by mohlo dojít při jen částečném vyrovnání otáček. Až poté se zuby přesuvné objímky (věnce s vnitřním ozubením) přesunou mezi zuby kola. Tím dojde k pevnému spojení. Synchronizace se provádí v průběhu řazení pomocí kužele na ozubeném kole a na přesuvné objímce jádra synchronní spojky. [9]

Dvojnásobná synchronizace každého z rychlostních stupňů obsahuje:

- kuželovou plochu pro synchronizaci
- vnitřní synchronní kroužek
- kroužek s kuželovou plochou
- vnější synchronní kroužek

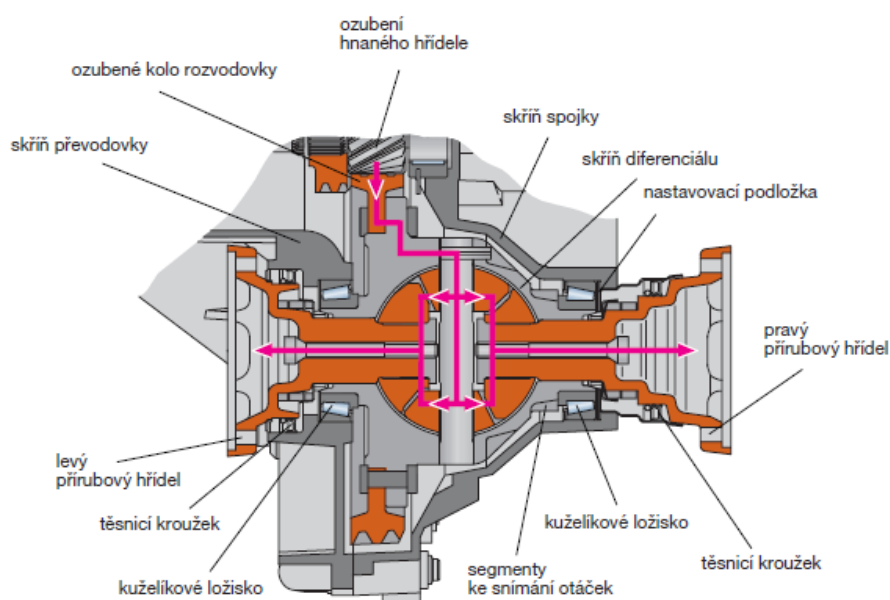


Obr. č. 6: Dvojnásobná synchronizace 1. a 2. rychlostního stupně [8]

- **Diferenciál**

Diferenciál sloužící k vyrovnávání rozdílného počtu otáček hnacích kol a rozdělování točivého momentu ve stejném poměru na hnací kola. Je uložen ve dvou optimalizovaných kuželíkových ložiskách. Jedno ložisko je nalisováno ve skříni převodovky a druhé ve skříni spojky. Ozubené kolo rozvodovky je snýtováno se skříní diferenciálu a spárováno s hnaným hřídelem.

Při zařazení kola zpětného chodu mezi hnací a hnaný hřídel dochází ke změně směru otáčení hnacího hřídele. Točivý moment se přenáší přes ozubení hnaného hřídele na ozubené kolo rozvodovky, a tím na diferenciál. [8]



Obr. č. 7: Diferenciál [8]

1.1.1.3. Výroba dílů převodovky

- **Navrtávání**

Pro navrtávání se používá stroj na zarovnávání a navrtávání konců značky Lindenmaier s automatickým nakládáním a vykládáním kusu. Stroj je vybaven zásobníky pro polotovary a opracované díly. Pro hnaný i hnací hřídel je navrtávání první operací, a proto je nutné na začátku této operace provést vizuální kontrolu výkovků dodaných kovárnou. Výkovky s nepřipustnou vadou se vyřadí jako neshodné díly. Po této kontrole se polotovar vloží do zásobníku, poté se automaticky upne, opracuje a odloží do zásobníku.

Při této operaci dochází k frézování obou čelních ploch a navrtávání středících důlků na obou stranách. [3]

- **Soustružení**

Při této operaci se používá vertikální soustruh EMAG DUO se zásobníkem, do kterých vstupují a vystupují polotovary. Ve stroji jsou dvě vřetena, a proto stroj opracuje dvě operace na jednou. Na začátku této operace se provede vizuální kontrola výkovků dodaných kovárnou. Výkovky s nepřipustnou vadou se vyřadí jako neshodné díly. Po této kontrole se kolo vloží do zásobníku, poté se kolo automaticky upne, opracuje a odloží do zásobníku.

Obrábění je technologický proces, při kterém je přebytečná část materiálu odebírána z obrobku ve formě třísek břitem řezného nástroje. Hlavním pohybem při soustružení je rotační pohyb obrobku. Obvodová rychlost obrobku je řezná rychlost. Vedlejší pohyby koná nástroj. Je to podélný posuv a příčný posuv. Nástrojem je soustružnický nůž. V dnešní době se používají nože, u kterých je řezná část tvořena výměnnou břitovou destičkou. Výhodou těchto nástrojů je možnost výměny opotřebované destičky místo ostření klasických nožů, což urychluje výrobní proces. [6]

- **Obrázení**

Při této operaci dochází k obrázení ozubení s přídavkem pro ševingování. Pro obrázení se používá stroj LORENZ. Nutné je seříznout otřepy vzniklé při obrázení, a proto je stroj vybaven zařízením na srážení hrubého otřepu. Díl je z automatického dopravníku

vložen do zásobníku a následně je upnut, opracován a vložen do zásobníku. Pro obrázení je nutné použít chladicí emulzi, kterou je olej. [3]

- **Broušení**

Pro broušení je využívána bruska značky Reinecker ISAA – 200. Díl je vložen do zásobníku a následně je upnut a opracován. Je broušen otvor a kužel dílu. [3]

- **Frézování**

Při frézování se obrobky frézují na odvalovací frézce značky PFAUTER nebo TOS Čelákovice s automatizací a zásobníkem. Díl se vloží do zásobníku a následně je automaticky upnut a opracován. Frézuje se hlavní ozubení s přídatkem pro ševingování, a dále je prováděno srážení podélných hran ozubení. Odvalovací způsob frézování patří k nejproduktivnějším metodám výroby ozubení.

Frézování je třískové obrábění, při kterém je z obrobku odebírána vrstva materiálu rotačním nástrojem. Rotačním nástrojem je při frézování fréza. Při práci se fréza otáčí kolem své osy a svými zuby po obvodě se postupně zařezává do obrobku. Obrobek se současně proti nástroji posouvá. Každý zub frézy postupně odřezává z obráběného materiálu krátké třísky nestejně tloušťky.

Při frézování šikmých zubů se naklání vřeteník s odvalovací frézou o součet nebo rozdíl úhlů stoupání frézy a stoupání zubů vyráběného kola tak, že směr zubů frézy musí souhlasit se směrem obráběné zubové mezery. Stůl s obrobkem musí dostat přídatný otáčivý pohyb. [5]

- **Vrtání**

Pro vrtání se používá stroj UNIOR na vrtání hlubokých otvorů se zásobníkem a nakladačem kusů. Vrtání se používá k výrobě otvorů válcovitého tvaru. Hlavní řezný pohyb je rotační a vykonává jej nástroj a posuv vřeteno. Nástrojem je nejčastěji dvoubřitý vrták. Pro snadnější a přesnější vrtání je dobré polohu otvoru naznačit navrtáním středících důlků. Tato operace se provádí kvůli odlehčení hřídele. [7]

- **Protahování**

Stroj pro protahování je protahovačka se zásobníkem. Díl je automaticky naložen do stroje, upnut, opracován a vložen zpět na dopravník pro vyjmutí. Díl je nutné vkládat na dopravník nábojem dolů. Protahování se používá při hromadné a velkosériové výrobě vnitřního i vnějšího ozubení. Pro každý tvar zubu, modul nebo průměr ozubeného kola je zapotřebí speciálního nástroje. Kalibrovací část nástroje má přesný tvar zubové mezery obráběného ozubeného kola. Výsledná přesnost ozubení je závislá na přesnosti protahovacího stroje. Nástrojem je protahovací trn, který je výrobně náročný a drahý a nevyplatí se ho vyrábět pro menší výrobní série. Hlavní řezný pohyb při protahování je obvykle přímočarý, ale může být i otáčivý a vykonává ho zpravidla nástroj. Stroj je vybaven dělicím přístrojem, který po protažení jedné zubové mezery pootočí o jednu zubovou rozteč. Přesnost obrábění je při protahování vysoká, jakost obrobeného povrchu je velmi dobrá a je ovlivněna řezným prostředím. Jako chladicí kapaliny se používají zejména aditivované minerální oleje, které snižují tření, a tím i protahovací sílu. [5]

- **Ševingování**

Pro ševingování ozubených kol jsou využívány ševingovací značky HURT. Ševingování patří mezi dokončovací operace při výrobě ozubených kol. Při této operaci se z boku zubů odebírají jemné třísky a opracovaný bok tak vykazuje vysokou geometrickou přesnost. Ševingováním je dosaženo snížení drsnosti povrchu boku zubů.

Nástrojem pro ševingování je buď ševingovací kolo, nebo ševingovací hřeben. Břity obou těchto nástrojů jsou vytvořeny drážkami na bocích zubů. Ševingovací nástroj zabírá s obráběným kolem prostorově, což je předpoklad pro vznik řezného pohybu. Ševingovací kolo je hnací, hnané obráběné kolo je brzděno. Pracovní stůl s ševingovacím kolem vykonává příčný střídavý pohyb. Při směru pohybu rovnoběžném se směrem osy obrobku se jedná o ševingování podélné. Při diagonálním ševingování je osa obrobku skloněna ke směru pohybu pracovního stolu. Při podélném způsobu ševingování lze provádět též podélnou modifikaci, při které se bok zubu na obou čelech kola odlehčí. Tato úprava snižuje podstatně hlučnost soukolí a zabraňuje hranovému záběru ozubených kol. [4]

- **Stříškování**

Pro tuto operaci je využíván CNC stříškovací stroj s přídavným vřetenem pro odjehlení značky PRÄWEMA. Tento stroj je vybaven automatizací a interní kontrolní stanicí.

Díl je pomocí pneumatického manipulátoru uložen do zásobníku, automaticky upnut, opracován. [3]

- **Válcování**

Válcování se provádí na válcovacím stroji Marbaix Lapointe nebo Marand s automatizací a zásobníkem. Při válcování dochází k vytváření drážkových částí válcovacími hřebeny tvářením zastudena. Pro válcování se používá jako řezné medium olej. [3]

- **Honování**

Honování je broušení malou rychlostí brusivem pevně vázaným v honovacích kamenech. Honovací nástrojem je honovací hlava s kameny. Kameny jsou k dokončované ploše přitlačovány malým tlakem a jejich pohyb je složen z rotace a vratného posuvu. Při honování je nutné vždy použít kapalinu (olej), která odplaví třísky a zanáší kameny. [7]

- **Lisování pouzdra**

Lisování pouzdra se provádí na stroji SP 12 D s lisovací stanicí s automatizací a zásobníkem dílu. Do zásobníku se vkládají pouzdra a ozubená kola a následně se pouzdro nalisuje do ozubeného kola v automatickém cyklu. Pouzdro je lisováno z levé strany a min. lisovací síla musí být 10 kN. Na tomto stroji se následně provádí i soustružení. Díl se automaticky upne, a opracuje a odloží do zásobníku. Na tomto díle dochází k vyvrtání průměru. [3]

- **Svařování**

Pro svařování se používá linka Prazisionstechnik PTR pro svařování ozubených kol elektronovým paprskem. Nejprve je nutné kola a věnce vyprat. Pro praní se používá pračka AKTIVIT, kde dochází k praní, oplachu, ofuku a následně horkovzdušnému sušení. Dále jdou díly do lisovacího zařízení, na indukční ohřev a nakonec jsou svařeny

na elektronovém svařovacím zařízení. Na kuželový nákržník, který je na ozubeném kole se navaří synchronní věnec kola.[3]

- **Nitrocementování**

Nitrocementování je sycení povrchu současně atomy uhlíku (C) a dusíku (N) za účelem vytvoření povrchové vrstvy obsahující 0,8 – 1,0 hm. % C a cca 0,3 hm. % N. Uhlík má převládající vliv na vlastnosti vrstvy. Dusík má vliv na vlastnosti povrchové vrstvy, ale i na zrychlení procesu.

Nitrocementace se uskutečňuje v plynném nebo kapalném prostředí. Plynná atmosféra je tvořena směsí uhlovodíků a amoniaku. U nitrocementovaných vrstev je největší odolnost proti střídavému namáhání při značně menší hloubce než u vrstev cementovaných. [3, 11]

- **Kalení**

Kalení je způsob tepelného zpracování, jehož cílem je dosáhnout stavu odlišného od rovnovážného stavu ocelí. Podle převažujících strukturní složky se kalení rozděluje na martenzitické a bainitické, přičemž většinou je cílem kalení vznik martenzitické struktury. Při tomto způsobu tepelného zpracování ocelí je dosaženo vysoké tvrdosti a zvýšené odolnosti proti opotřebení. Základní postup kalení spočívá ve třech fázích:

1. Ohřev ocelí na kalicí teplotu
2. Výdrž na kalicí teplotě
3. Ochlazení nadkritickou rychlostí

Pro kalení se používá kalicí olej s teplotou 90 °C a doba kalení je pět minut (300 s). Teplota v popouštěcích pecích musí být 150 – 180 °C. [11]

- **Popouštění**

Účelem popouštění je snížení vnitřního pnutí ve struktuře a získání požadovaných mechanických vlastností jako je například houževnatost při zachování maximální možné tvrdosti. Popouštění je ohřev zakalené struktury na určitou teplotu a výdrž na této teplotě po určitou dobu a ochlazení vhodnou rychlostí. Popouštění by mělo následovat ihned po kalení, neboť po vyjmutí z kalicí lázně dochází k vnitřnímu pnutí, což může vést k popraskání zakaleného předmětu. [3, 11]

Cyklus nitrocemetace, kalení, praní a popouštění probíhá automaticky dle nastaveného programu. Pro tento proces se používají průběžné pece. Během procesu se provádí samokontrola kvality tepelného zpracování. [3]

- **Pevnostní tryskání**

Pevnostní tryskání se provádí na stroji SHLICK, což je satelitový pevnostní tryskač. Hřídele se vkládají do otvoru v satelitovém otočném stole a svrchu jsou zakryty krytkou se silikonovým vnitřním pouzdrem. Kola se vkládají na trn satelitového otočného stole, trn je opatřen silikonovým krytem. Pevnostně otryskané kusy se vyjmou z trnu a musí se vysypáním odstranit volné ocelové broky. Pro pevnostní tryskání se používají ocelové broky (\varnothing 0,4 mm).

Pevnostní tryskání je způsob mechanické úpravy kovového povrchu. Působením částic na povrch je doprovázeno plastickou deformací povrchové vrstvy substrátu. Dochází ke zvýšení napětí v povrchové vrstvě a k plastickému toku materiálu, což má za následek zpevnění materiálu. Tryskáním se má také docílit dokonalého očištění povrchu od okují, korozních zplodin a jiných nečistot. [11]

- **Pískování**

Pískování se provádí na tryskacím stroji SCHLICK ROBO – JET. Pískování je prováděno po dobu 8 minut. Díly musí být zavěšeny na přípravcích na závěsných háčcích dle návodek tak, aby nedošlo k poškození ozubení. Pro pískování se používá ocelová drť. Povrch dílu musí být čistý bez zbytku okují a otřepů, které vznikly při obrábění. [3]

- **Praní**

Pro praní se používá stroj značky AKTIVIT. Při této operaci se díly na manipulační paletě vyperou (odmastí a zbaví se nečistot). Celý cyklus se skládá z odmaštění, oplachování a sušení. [3]

1.1.1.4. Technologické postupy výroby dílů převodovky

Hnací hřídel

Navrtání → soustružení → obrážení → praní → stříškování a odjehlení
→ frézování → válcování → praní → ševingování → praní
→ kalení → pevnostní tryskání → rovnání → broušení průměru → broušení zápichu
→ praní → kontrola → montáž

Hnaný hřídel

Navrtání → soustružení → frézování → válcování → vrtání → praní
→ ševingování → praní → kalení → pevnostní tryskání
→ rovnání → broušení zápichu → broušení průměru → praní → kontrola
→ montáž



Obr. č. 8: Hnací hřídel



Obr. č. 9: Pastorek

Kolo 1. – 2. rychlosti

Soustružení → obrážení → praní → frézování → stříškování a odjehlení
→ ševingování → praní → kalení → pískování → pevnostní tryskání → praní
→ broušení kuželu a otvoru → praní → kontrola → montáž



Obr. č. 10: Kolo 1. rychlosti



Obr. č. 11: Kolo 2. rychlosti

Kolo zpětného chodu

Soustružení → frézování → střížkování a odjehlení → praní → kalení
→ pískování → pevnostní tryskání → praní → lisování pouzdra → soustružení
→ praní → kontrola → montáž



Obr. č. 12: Kolo zpětného chodu

Hnané kolo rozvodovky

Soustružení → frézování → ševingování → praní → kalení → pískování
→ pevnostní tryskání → praní → lisování a nýtování na klec diferenciálu
→ montáž



Obr. č. 13: Hnané kolo rozvodovky

Věnc 3. – 5. rychlosti

Soustružení → střížkování



Obr. č. 14: Věnc 3. – 5. rychlosti

Kolo 3. – 5. rychlosti řazené (Schaltrad)

Soustružení → frézování → ševingování → praní → svařování → kalení
→ pískování → pevnostní tryskání → praní → broušení kužele a otvoru → praní
→ kontrola → montáž

Kolo 3. – 5. rychlosti (Rad)

Soustružení → frézování → vnitřní protahování → praní → ševingování
→ praní → kalení → pískování → pevnostní tryskání → praní → kontrola
→ montáž



Obr. č. 15: Kolo 3. rychlosti



Obr. č. 16: Kolo 3. rychlosti (Rad)



Obr. č. 17: Kolo 4. rychlosti



Obr. č. 18: Kolo 4. rychlosti (Rad)



Obr. č. 19: Kolo 5. rychlosti



Obr. č. 20: Kolo 5. rychlosti (Rad)

Jádro synchronní spojky 1. – 5. rychlosti

Soustružení → vnitřní protahování → vnější protahování → praní
→ elektrochemické odjehlení → praní → neutralizace → praní → kalení
→ praní → třídění → montáž podkompletu



Obr. č. 21: Jádro synchronní spojky 1. – 2. rychlosti



Obr. č. 22: Jádro synchronní spojky 3. – 4. rychlosti



Obr. č. 23: Jádro synchronní spojky 5. rychlosti

Objímka synchronní spojky 1. – 2. rychlosti

Soustružení → protahování → praní → soustružení → válcování → vnitřní protahování
→ praní → stříškování a odjehlení → frézování
→ stříškování a odjehlení → praní → kalení → pískování → omílání
→ honování → soustružení → praní → kontrola → montáž kompletu

Objímka synchronní spojky 3. – 5. rychlosti

Soustružení → protahování → praní → soustružení → válcování → vnitřní protahování
→ praní → stříškování a odjehlení → praní → kalení → pískování
→ omílání → honování → soustružení → praní → montáž kompletu



Obr. č. 24: Objímka synchronní spojky 1. – 2. rychlosti



Obr. č. 25: Objímka synchronní spojky 3. – 5. rychlosti

Skříň převodovky

Soustružení → praní → tlaková zkouška → montáž

Skříň spojky

Soustružení → praní → tlaková zkouška → montáž



Obr. č. 26: Skříň převodovky



Obr. č. 27: Skříň spojky

1.2. Ozubení

Ozubené kolo je tvarově složitá součást, která při záběru s druhým kolem vytváří soukolí. Dvě nebo více spolu zabírajících kol tvoří ozubený převod, který je nejrozšířenějším převodovým mechanismem, s nímž přicházíme do styku každý den. Slouží také k přenosu krouticího momentu a rotačního pohybu z jednoho hřídele na druhý bez prokluzu. Ozubené převody můžeme najít v automobilech, letadle, hodinkách, výpočetní technice a mnoha dalších místech. [16]

1.2.1. Čelní ozubení

Čelní ozubená kola jsou nejrozšířenější skupinou ozubených kol. Poloha os většího ozubeného kola a menšího je rovnoběžná. Základním stavebním prvkem ozubených převodů je profil boku zubu. Boky zubů spolu zabírajících kol se po sobě odvalují. U většiny převodovek velkých výkonů se používají především předlokové redukční převodovky s čelním ozubením. Tyto převodovky zvyšují převodový poměr, a tím i efektivnost převodovky. [10]

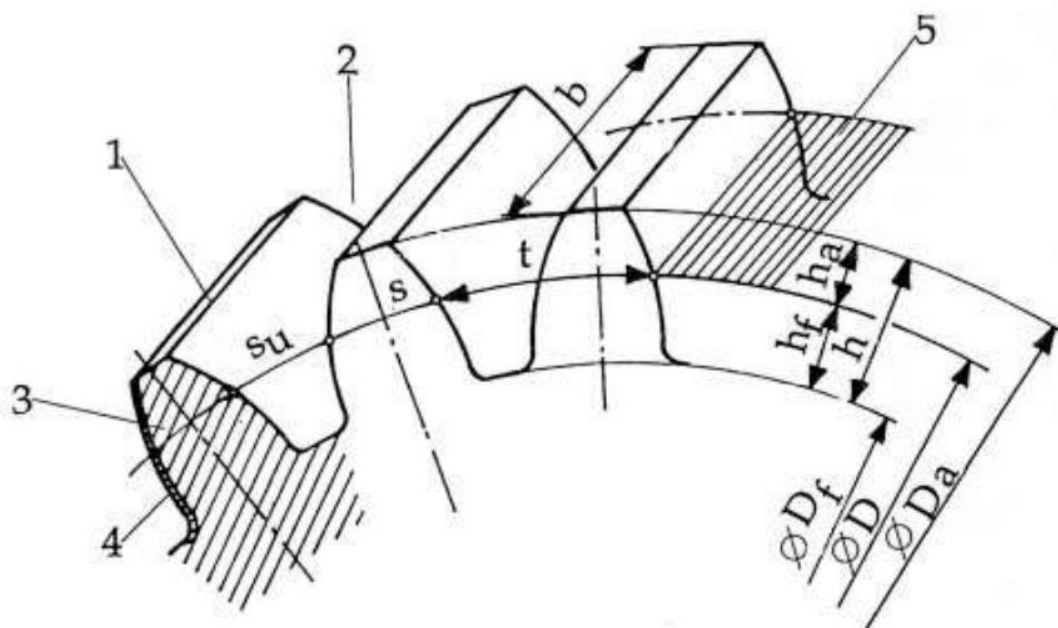
- **Čelní ozubení s přímými zuby**

U čelních kol s přímými zuby jsou boční křivky rovnoběžné s osou kola. Tato kola jsou geometricky nejjednodušší, nejméně pevné a nejhlučnější. V ozubení nevzniká axiální síla, ale dochází k rázům, které jsou způsobeny tím, že zub jde do záběru celý a dochází tak k jeho okamžitému zatížení.

- **Čelní ozubení se šikmými zuby**

Čelní ozubená kola se šikmými zuby jsou rozšířenější než s přímými zuby. Zub kola se dostává do záběru i ze záběru postupně, díky tomu je zub zatěžován pozvolně, a proto je chod tichý a klidný. V záběru bývá více zubů najednou, a proto je zatížení rozloženo. Díky rozložení zatížení může ozubení přenášet větší výkony. Nevýhodou tohoto ozubení je vznik axiální síly, která se snaží odtlačit kolo do strany, vlivem zešikmení. Pomocí ložisek nebo druhým ozubeným kolem s opačným sklonem zubů lze zabránit odtlačení.

1.2.2. Parametry ozubení



Obr. č. 28: Parametry čelního ozubeného kola s přímými zuby [16]

Tab. č. 1: Označení základních parametrů ozubení [16]

Význam	Symbol	Význam	Symbol
Výška zubu	h	Šířka zubní mezery	s_u
Výška hlavy zubu	h_a	Šířka ozubeného věnce	b
Výška paty zubu	h_f	zub	1
Průměr patní kružnice	D_f	Zubní mezera	2
Průměr roztečné kružnice	D	Profil zubu	3
Průměr hlavové kružnice	D_a	Křivka profilu	4
Tloušťka zubu	s	Valivý válec	5
Rozteč	t		

1.2.3. Metody měření ozubení

- **Dílenská**

Dílenská kontrola je zaměřena převážně na parametry, které se mění během výroby ozubení při jednom nastavení stroje. Jedná se o parametr, který určuje tloušťku zubu (tj. míra přes zuby, tloušťka zubu, míra přes kuličky) a házení. Pro kontrolu se využívá elektronický systém, který může ukazovat absolutní velikost či odchylku od uvedené hodnoty, plus jednoznačné grafické zobrazení (červená, zelená), zda je ozubení v toleranci (dobrý) či mimo toleranci (zmetek, popř. opravitelný kus). Tyto přístroje stanovují míru přes kuličky (a to včetně naměřené maximální a minimální hodnoty), tak i házení. [3]

- **Laboratorní**

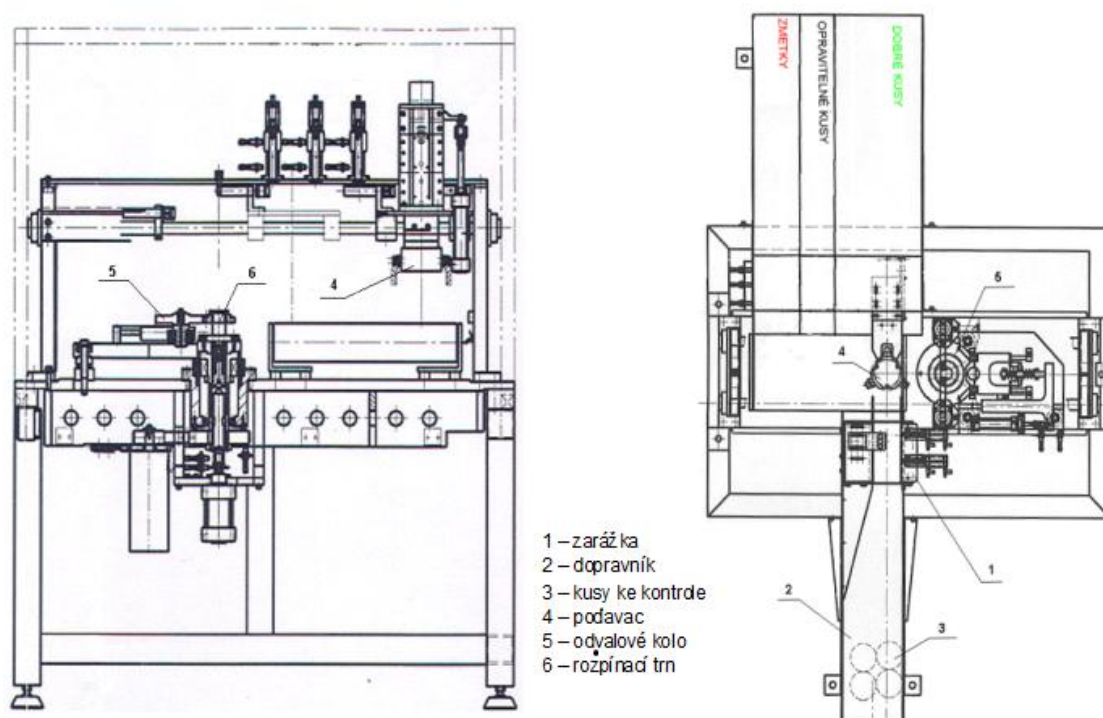
Laboratorní kontrola při této kontrole jsou kladeny velké nároky na přesnost a na druhu měřených úchylek ozubení. Do počítače se zadají veškerá data, která jednoznačně popisují ozubení a měřicí přístroj si další měřicí proces řídí sám. Přístroje umožňují z nasnímaných dat stanovit i úchytky roztečí a házení ozubení včetně jednoznačného popisu tloušťky zubu a to včetně zjištěné maximální a minimální hodnoty. [3]

1.2.4. Kontrola ozubení

Výroba i kontrola ozubení je vzhledem ke složitému geometrickému tvaru náročná na vybavení měřicími prostředky i na čas potřebný k seřízení a kontrole. Ozubení se kontroluje buď proměřením základních úchylek, nebo proměřením souhrnných úchylek při pootáčení s kontrolním (etalonovým) kolem.

1.2.4.1. CM Digit

Pro kontrolu parametrů ozubení se používá ve firmě ŠKODA AUTO a. s. stroj CM Digit, který je řízen pomocí speciálního programu. CM Digit eliminuje výskyt poškozeného ozubení v montážním celku. Poškozené ozubení má vliv na životnost převodové skříně. Kontrola poškození a parametrů ozubení je prováděna pomocí dvoubokého odvalu.



Obr. č. 29: CM Digit [3]

U čelních ozubených kol se kontroluje:

- axiální házení kola
- radiální (obvodové) házení kola
- průměr hlavové a patní kružnice
- tloušťku zubu
- rozteč
- přesnost křivky boku zubu
- záběr ozubeného soukolí
- jakost povrchu ozubení
- osová vzdálenost děr

1.2.4.1.1. Princip zařízení

Nastavení strojů CM Digit pro kontrolu ozubení provádí specialista výroby ozubení. Stroj je od výrobce nastaven v základních parametrech podle standardu VW a slyšitelném rozsahu lidského ucha 20 Hz až 20 kHz. Na základě těchto základních parametrů je provedeno tzv. učení do porovnávacího souboru. Toto učení je založeno na subjektivní metodě. Při učení, které pracovník provádí na kusech na stroji CM Digit, se používají sluchátka. Podle toho, jak je hluk kusu ve sluchátkách slyšitelný, pracovník provádí zaučení a po skončení zkoušky každého kusu ho přiřadí do základních tří skupin DOBRÝ (zelený box), OPRAVA (žlutý box) a ZMETEK (červený box). Do porovnávacího souboru by takto mělo být vytříděno 30 až 50 dílů. Standardně se postupuje tak, že se naposlouchá dalších 30 až 50 kusů, aby se zjistilo, zda jsou zkoušené kusy správně zatříděny po zkoušce. Pokud tomu tak není, jsou jednotlivé parametry, které vykazují chybu, upraveny. Tato úprava se zaznamená do listu „Změny procesních parametrů“ s datem a do poznámky se запиše důvod úpravy. Dále se parametry upravují dle požadavků z výsledku měření dílů na KMS ozubení. Další možný zdroj pro úpravu parametrů na stroji CM Digit jsou výpadky převodových skříní z montážní linky převodovky. Převodovky, které jsou z montážní linky svěšeny jako špatné, jsou analyzovány pracovníky kvality a na repasním pracovišti. Aby byl správně identifikován zdroj hluku, nebo poškození provádí se analýza výměnou dílů. Pokud po výměně daného dílu je závada odstraněna a při zpětné montáži dílu se závada opět objeví je z pohledu určení zdroje závady analýza ukončena a díl je předán na technickou kontrolu. Na technické kontrole je prováděna evidence celé analýzy, která se po ukončení a stanovením nápravného opatření předá útvaru kvality, který provádí kontrolu plnění nápravných opatření a jejich účinnost. [2, 3]

1.2.4.1.2. Kontrola hlučnosti s NoisyS

Úkolem NoisyS jsou akustické zkoušky kvality a kontroly procesu. Pomocí NoisyS lze rozeznat akustické chyby, konstrukčně podmíněné slabiny, nedostatky způsobené tolerancí stavebních dílů v konstrukci, zapříčiňující hluk a kmitání, montážní nebo funkční chyby, chyby ve výrobě a poškození i vztah k hlučnosti ve výsledném provozním stavu. [2]

Vyráběné díly jsou v době výrobního taktu na základě typových specifik prostřednictvím srovnání s normami kvality objektivně a reprodukovatelně testovány a archivovány. Stále vzrůstající schopnosti učenlivého diagnostického systému umožňují určení příčin závad, což dovoluje nákladově výhodné a cílené opravy vyráběných dílů a zlepšuje kvalitu výroby. Cílem je přímý zpětný vliv výsledku na výrobní proces prostřednictvím integrované kontroly procesu, aby byla produkce optimalizována. Kladem je snížení nákladů na opravy. [2]

2. EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

2.1. Statistické vyhodnocení

2.1.1. Binomické rozdělení

Pomocí binomického rozdělení je modelováno chování četností prvků, které mají určitou vlastnost, v prostém náhodném výběru nebo variabilita počtu nezávislých experimentů, jež skončily specifikovaným výsledkem. Binomickým rozdělením lze také popsat náhodné chování relativních četností. [13]

Předpoklad vzniku náhodné veličiny X s binomickým rozdělením:

- provede se n pozorování nebo pokusů,
- pozorování nebo pokusy jsou nezávislé – znalost výsledku v jednom pozorování nebo pokusu neříká nic o výsledku jiného pozorování,
- výsledky pozorování nebo pokusu mohou být jenom dva nazvané „úspěch“ a „neúspěch“,
- pravděpodobnost p každého „úspěchu“ je stejná pro všechna pozorování nebo pokusy.

Pravděpodobnostní rozdělení potu „úspěchu“ za popsaných předpokladů je nazýváno binomické rozdělení s parametry n a p . Počet úspěchů je označen písmenem k .

Pravděpodobnost $P(X = k)$ této hodnoty je dána vzorcem

$$P(X = k) = p(k) = \binom{n}{k} p^k (1 - p)^{n-k}. \quad (2.1)$$

Binomické rozdělení je diskrétní pravděpodobnostní rozdělení náhodné proměnné X , která může nabývat pouze $n+1$ hodnot, přičemž n je jeden z parametrů příslušné funkce rozdělení. Při sestavení binomického rozdělení se vychází z tzv. Bernoulliho pokusu, jenž spočívá v tom, že v daném náhodném pokusu mohou nastat jenom dva stavy A a \bar{A} s pravděpodobnostmi p a $1 - p$. takový pokus modeluje tzv. binární náhodnou proměnnou Y , kde $P(Y = 1) = p$ a $P(Y = 0) = 1 - p$. náhodná proměnná Y má průměr μ a směrodatnou odchylku σ :

$$E(Y) = \mu_Y = 1 \times p_A + 0 \times (1 - p_A) = p_A \quad (2.2)$$

$$E(Y - p_A)^2 = \sigma^2 = p_A(1 - p_A)^2 + (1 - p_A)(p_A)^2 = (1 - p_A)p_A \quad (2.3)$$

Binomická náhodná proměnná je určena parametry n a p vznikne jako součet n nezávislých binomických proměnných Y_i s hodnotami 0 nebo 1, které mají všechny stejné rozdělení určené parametrem p :

$$X = \sum_{i=1}^n Y_i \quad (2.4)$$

Z toho plyne pro očekávanou hodnotu rozptyl součtu n nezávislých náhodných proměnných Y_i :

$$E(X) = np \quad Var(X) = np(1 - p) \quad (2.5)$$

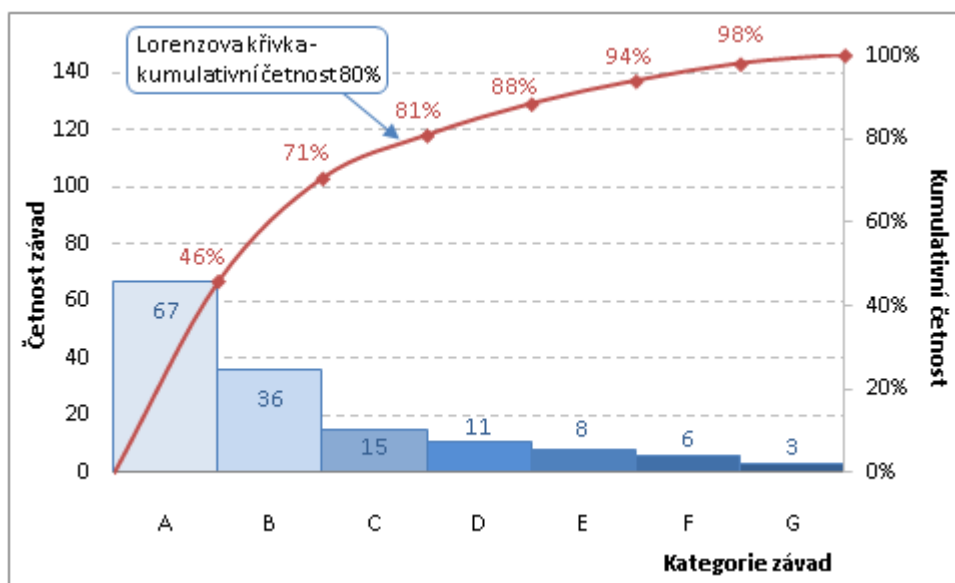
Binomické rozdělení s parametry p a n , kde p je pravděpodobnost jevu a n počet pokusů, je označeno $B(p; n)$. Proměnná X/n odpovídá relativní četnost sledovaného jevu v n pokusech.

Dvoustranný interval spolehlivosti pro hladinu spolehlivosti $1 - \alpha$ má tvar:

$$p \in \left(\hat{p} - z_{1-\frac{\alpha}{2}} \sqrt{\frac{\hat{p}(1 - \hat{p})}{n}}; \hat{p} + z_{1-\frac{\alpha}{2}} \sqrt{\frac{\hat{p}(1 - \hat{p})}{n}} \right). \quad (2.6)$$

2.1.2. Paretova analýza

Paretova analýza je založena na vztahu mezi příčinami a jejich následky. Analýza zastává pravidlo 80/20. Znamená to, že 80 % problémů je zapříčiněno 20 % příčin. Je-li tomu tak, pak nemá smysl se stejně důkladně zabývat všemi činnostmi. Vhodnější je, se zaměřit na ty, které mají největší efekt. [17, 18]

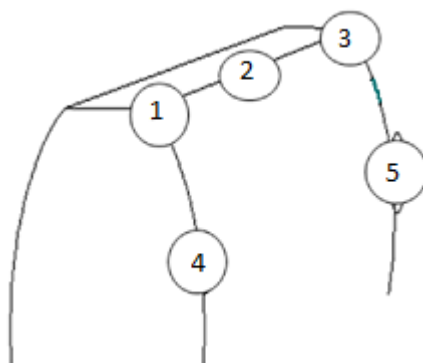


Obr. č. 30: Paretoův diagram a Lorenzova křivka [15]

Paretova analýza může být rozdělena do několika kroků:

- definování místa analýzy – výběr procesu, činností, kde chceme zvýšit zisk, snížit náklady, snížit počet oprav.
- Sběr dat – je třeba získat relevantní data o fungování, data se uspořádají, zapíší do tabulky, vypočítáme procentní podíl výskytu.
- Lorenzova kumulativní křivka – křivka vznikne kumulativním součtem hodnot jednotlivých příčin.
- Identifikování hlavních příčin – z levé strany grafu vzniklého z dat zapsaných do tabulky, z hodnoty 80 % vyneseme čáru na kumulativní Lorenzovu křivku, která oddělí ty příčiny, kterými se máme zabývat. Ty, které mají největší vliv na následky. [14, 17]

Paretova analýza byla zvolena jako optimální řešení pro nalezení nejdůležitějších míst poškození na ozubení. Bylo potřeba se zaměřit na místa, kde dochází k nejčastějšímu poškození ozubení. Následně zvolit rizika poškození ozubení a na ně nápravná opatření. Na obrázku č. 31 jsou zobrazena možnosti místa poškození ozubení.



Obr. č. 31: Místa poškození ozubení

1 – špička zubu od náboje, 2 – hlava zubu, 3 – špička zubu, 4 – bok zubu od náboje, 5 – bok zubu

Byly stanoveny počty oprav, které byly získány ze stroje CM Digit, kde se zaznamenává celkový počet zkontrolovaných kusů a počet oprav.

Data byla získána zaznamenáváním počtu poškození v různých místech do formuláře, který je uveden v příloze č. 1. Hodnoty byly získány ze sledování poškození ozubení na stroji CM Digit, z konzultací s pracovníky na strojích a vlastním sledováním a zaznamenáváním poškození.

V tabulkách č. 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22 a 24 je uveden celkový počet oprav pro jednotlivé díly v jednotlivých měsících a počet oprav v různých místech poškození. Následně je uvedena relativní a kumulativní četnost poškození v tabulkách č. 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15, 17, 19, 21, 23 a 25 a interval spolehlivosti pro jednotlivá poškození.

Tab. č. 2: Počet oprav pro hnací hřídel

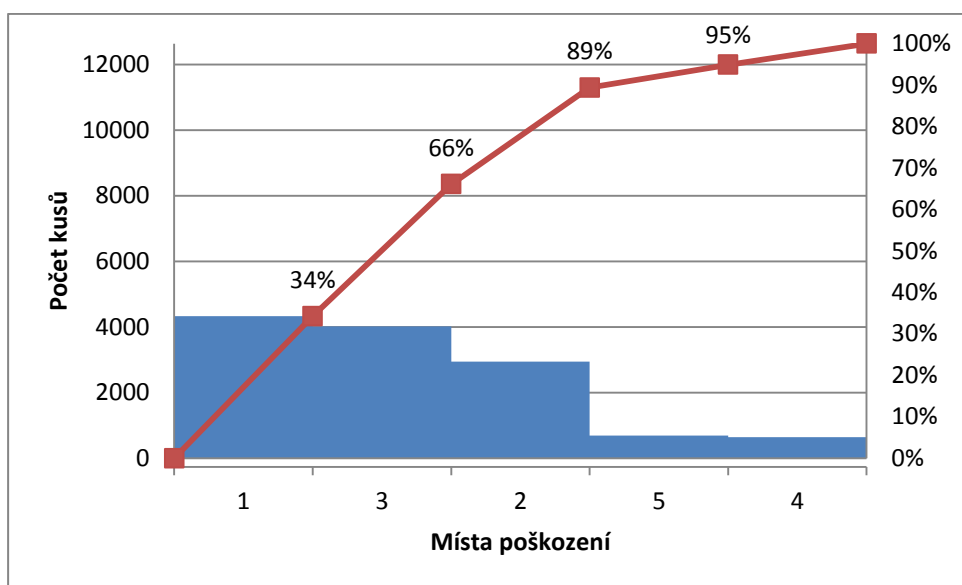
hnací hřídel	opravy	1	2	3	4	5
leden	2703	948	681	896	73	105
únor	1481	424	352	552	57	96
březen	974	291	159	375	82	67
duben	631	259	67	265	21	19
květen	601	282	75	153	38	53
červen	1022	325	174	358	76	89
červenec	549	202	49	246	19	33
srpen	237	74	61	81	11	10
září	277	79	93	75	19	11
říjen	1331	340	462	389	82	58
listopad	1367	521	393	295	73	85
prosinec	1468	586	377	339	94	72
celkem	12641	4331	2943	4024	645	698

Tab. č. 3: Kumulativní četnost pro hnací hřídel

hnací hřídel	počet oprav	relativní četnost	kumulativní četnost	interval spolehlivosti	
1	4331	0,343	0,343	0,334	0,351
3	4024	0,318	0,661	0,310	0,326
2	2943	0,233	0,894	0,225	0,240
5	698	0,055	0,949	0,051	0,059
4	645	0,051	1	0,047	0,055

Na obrázku č. 32 je zobrazena paretova analýza pro hnací hřídel. Z grafu je zřejmé, že pro dosažení požadovaného cíle, což je snížení počtu poškození, je potřeba odstranit závady způsobující poškození v místech 1, 3 a 2.

Odstraněním závad v místech 1, 3 a 2 by se mělo dosáhnout z 89 % požadovaného efektu. Největší četnost poškození se prokázala v místě 1, kde je četnost poškození 34 %.



Obr. č. 32: Graf Paretovy analýzy pro hnací hřídel

Tab. č. 4: Počet oprav pro kolo 1. rychlosti

1. R	opravy	1	2	3	4	5
leden	3253	96	1463	48	592	1054
únor	2018	66	1079	75	256	542
březen	1647	73	855	55	262	402
duben	3079	81	1668	99	438	793
květen	1872	58	969	21	230	594
červen	2407	72	1275	88	339	633
červenec	1688	86	756	59	225	562
srpen	1106	39	632	73	99	263
září	749	13	321	28	68	319
říjen	2315	97	1154	72	383	609
listopad	1086	56	519	36	201	274
prosinec	731	18	480	43	81	109
celkem	21951	755	11171	697	3174	6154

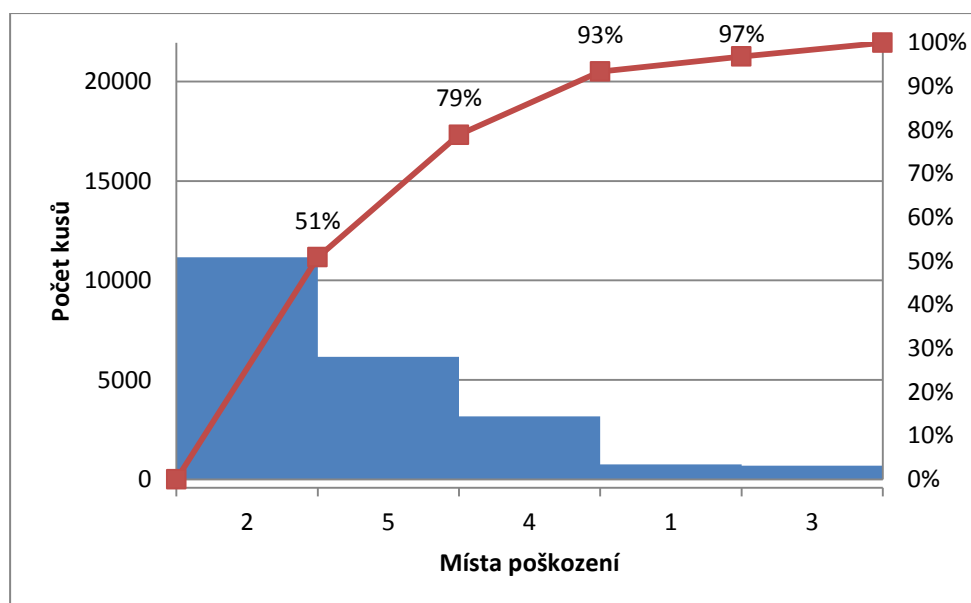
Tab. č. 5: Kumulativní četnost pro kolo 1. rychlosti

1. R	počet oprav	relativní četnost	kumulativní četnost	interval spolehlivosti	
2	11171	0,509	0,509	0,502	0,516
5	6154	0,280	0,789	0,274	0,286
4	3174	0,145	0,934	0,140	0,149
1	755	0,034	0,968	0,032	0,037
3	697	0,032	1	0,029	0,034

Na obrázku č. 33 je zobrazena paretova analýza pro kolo 1. rychlosti. Z grafu je patrné, že je potřeba odstranit závady způsobující poškození v místech 2 a 5.

Odstraněním závad v místech 2 a 5 by bylo dosaženo ze 79 % požadovaného efektu. Nejvyšší četnost poškození se prokázala v místě 2, kde je četnost poškození 51 %, což je více než polovina poškození na tomto díle. Poškození v místě 4 se vyskytuje pouze ve 14 %, ale bylo by dobré se zaměřit i na toto poškození.

Odstraněním i této závady by bylo dosaženo 93 % požadovaného efektu.



Obr. č. 33: Graf Paretovy analýzy pro kolo 1. rychlosti

Tab. č. 6: Počet oprav pro kolo 2. rychlosti

2. R.	opravy	1	2	3	4	5
leden	4150	225	1878	123	1395	529
únor	3352	95	1588	109	982	578
březen	2406	79	1213	94	702	318
duben	3815	121	1896	71	996	731
květen	3328	98	1649	51	983	547
červen	2156	83	1343	68	463	199
červenec	1916	40	958	16	641	261
srpen	1158	14	580	58	407	99
září	1204	39	439	69	485	172
říjen	2675	69	1335	85	702	484
listopad	1739	96	714	51	611	267
prosinec	1507	83	792	101	357	174
celkem	29406	1042	14385	896	8724	4359

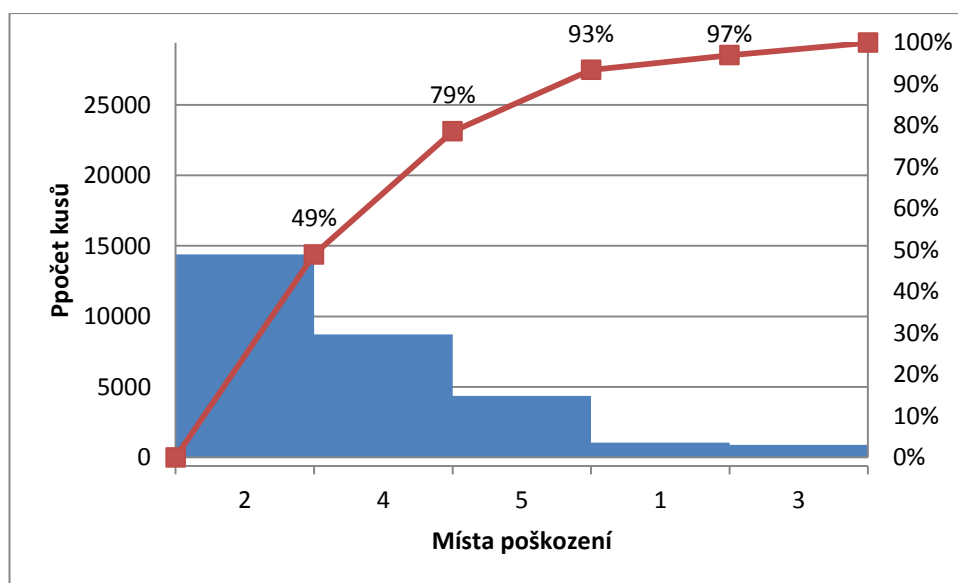
Tab. č. 7: Kumulativní četnost pro kolo 2. rychlosti

2. R	počet oprav	relativní četnost	kumulativní četnost	interval spolehlivosti	
2	14385	0,489	0,489	0,483	0,495
4	8724	0,297	0,786	0,291	0,302
5	4359	0,148	0,934	0,144	0,152
1	1042	0,035	0,970	0,033	0,038
3	896	0,030	1	0,029	0,032

Na obrázku č. 34 je zobrazena paretova analýza pro kolo 2. rychlosti. Z grafu je patrné, že je potřeba odstranit závady způsobující poškození v místech 2 a 4.

Odstraněním závad v místech 2 a 4 by bylo dosaženo ze 79 % požadovaného efektu. Nejvyšší četnost poškození se prokázala v místě 2, kde je četnost poškození 49 %. Poškození v místě 5 se vyskytuje pouze ve 14 %, ale bylo by dobré se zaměřit i na toto poškození.

Odstraněním i této závady by bylo dosaženo 93 % požadovaného efektu.



Obr. č. 34: Graf Paretovy analýzy pro kolo 2. rychlosti

Tab. č. 8: Počet oprav pro hnané kolo rozvodovky

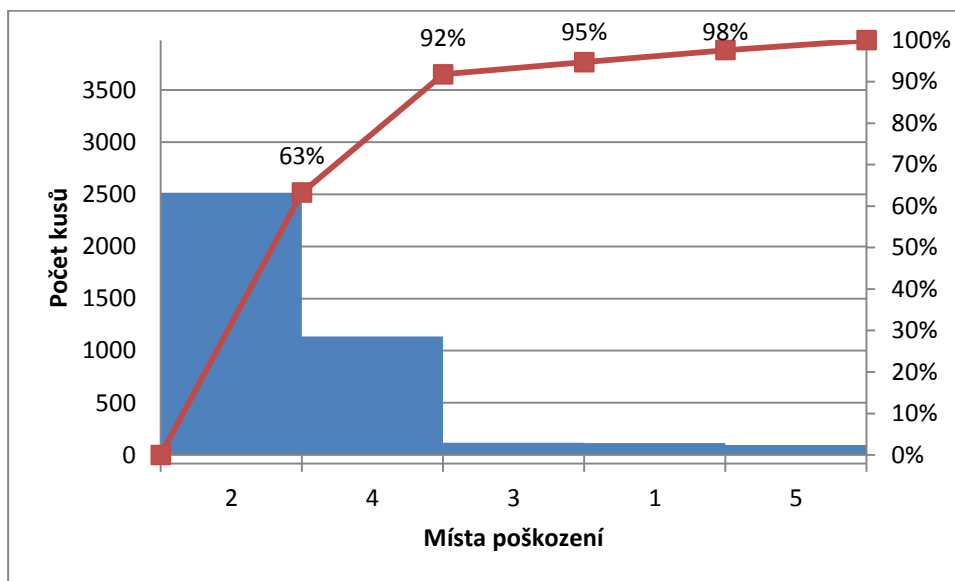
hnané kolo rozvodovky - diferenciál	opravy	1	2	3	4	5
leden	444	12	289	14	119	10
únor	263	9	192	5	51	6
březen	333	1	178	18	109	27
duben	395	14	216	11	154	0
květen	569	23	305	26	191	24
červen	417	17	258	5	129	8
červenec	574	16	329	22	205	2
srpen	62	0	62	0	0	0
září	295	5	223	2	62	3
říjen	258	3	211	2	33	9
listopad	133	1	101	2	27	2
prosinec	235	14	151	10	55	5
celkem	3978	115	2515	117	1135	96

Tab. č. 9: Kumulativní četnost pro hnané kolo rozvodovky

hnané kolo rozvodovky - diferenciál	počet oprav	relativní četnost	kumulativní četnost	interval spolehlivosti	
2	2515	0,632	0,632	0,617	0,647
4	1135	0,285	0,918	0,271	0,299
3	117	0,029	0,947	0,024	0,035
1	115	0,029	0,976	0,024	0,034
5	96	0,024	1	0,019	0,029

Na obrázku č. 35 je zobrazena paretova analýza pro hnané kolo rozvodovky. Z grafu je zřejmé, že je potřeba odstranit závady způsobující poškození v místech 2 a 4.

Odstraněním závad v místech 2 a 4 by bylo dosaženo z 92 % požadovaného efektu. Nejvyšší četnost poškození se prokázala v místě 2, kde je četnost poškození 63 %. Poškození ozubení v místě 4 se vyskytuje v 29 % případů poškození.



Obr. č. 35: Graf Paretovy analýzy pro hnané kolo rozvodovky - diferenciál

Tab. č. 10: Počet oprav pro hnaný hřídel

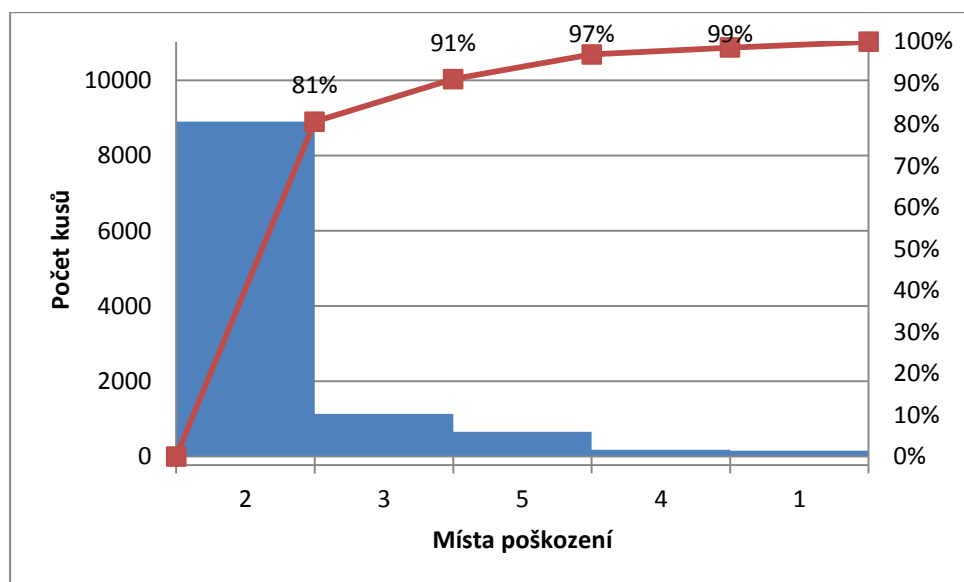
hnaný hřídel	opravy	1	2	3	4	5
leden	1505	16	1318	105	28	38
únor	1233	29	954	142	11	97
březen	531	9	421	59	8	34
duben	1112	31	899	117	11	54
květen	1467	12	1124	186	31	114
červen	793	16	632	85	9	51
červenec	1511	24	1288	97	24	78
srpen	948	6	752	92	16	82
září	315	2	246	57	8	2
říjen	660	5	493	81	23	58
listopad	550	3	405	96	6	40
prosinec	404	2	373	13	8	8
celkem	11029	155	8905	1130	183	656

Tab. č. 11: Kumulativní četnost pro hnaný hřídel

hnaný hřídel	počet oprav	relativní četnost	kumulativní četnost	interval spolehlivosti	
2	8905	0,807	0,807	0,800	0,815
3	1130	0,102	0,910	0,097	0,108
5	656	0,059	0,969	0,055	0,064
4	183	0,017	0,986	0,014	0,019
1	155	0,014	1	0,012	0,016

Na obrázku č. 36 je zobrazena paretova analýza pro hnaný hřídel. Z grafu je zřejmé, že je potřeba odstranit závady způsobující poškození v místě 2.

Odstraněním závad v místech 2 by bylo dosaženo z 81 % požadovaného efektu.



Obr. č. 36: Graf Paretovy analýzy pro hnaný hřídel

Tab. č. 12: Počet oprav pro kolo zpětného chodu

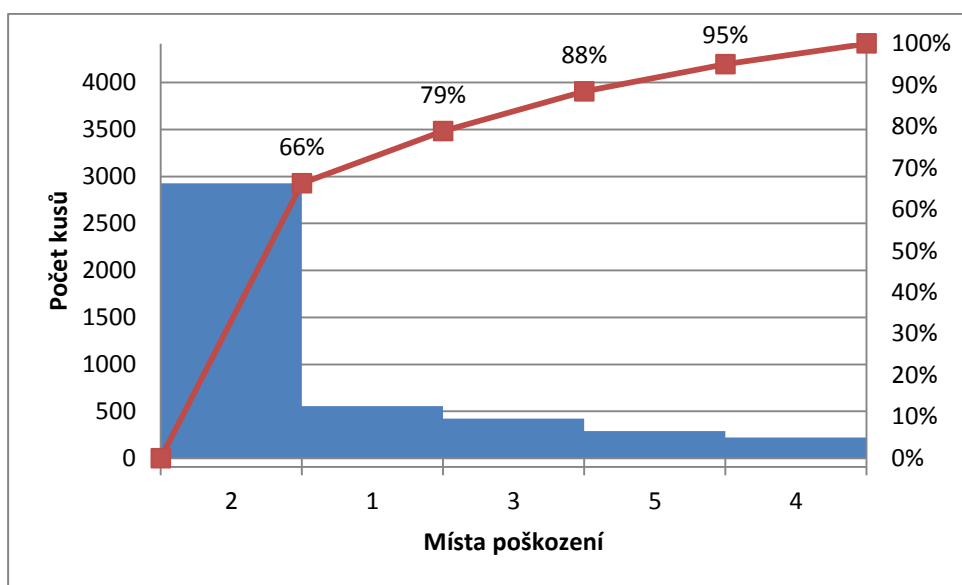
kolo zpět. chodu	opravy	1	2	3	4	5
leden	403	52	288	41	9	13
únor	418	47	297	33	15	26
březen	364	62	243	18	28	13
duben	314	36	206	39	23	10
květen	336	39	235	15	12	35
červen	379	44	257	48	10	20
červenec	329	39	225	34	12	19
srpen	152	8	97	9	13	25
září	236	22	156	23	16	19
říjen	188	38	111	21	6	12
listopad	658	89	412	73	36	48
prosinec	638	80	399	69	41	49
celkem	4415	556	2926	423	221	289

Tab. č. 13: Kumulativní četnost pro kolo zpětného chodu

kolo zpět. chodu	počet oprav	relativní četnost	kumulativní četnost	interval spolehlivosti	
2	2926	0,663	0,663	0,649	0,677
1	556	0,126	0,789	0,116	0,136
3	423	0,096	0,884	0,087	0,104
5	289	0,065	0,950	0,058	0,073
4	221	0,050	1	0,044	0,056

Na obrázku č. 37 je zobrazena paretova analýza pro kolo zpětného chodu. Z grafu je zřejmé, že je potřeba odstranit závady způsobující poškození v místech 2, 1 a 3.

Odstraněním závad v místech 2, 1 a 3 by bylo dosaženo z 88 % požadovaného efektu. Nejvyšší četnost poškození se prokázala v místě 2, kde je četnost poškození 66 %. Poškození ozubení v místě 1 se vyskytuje v 13 % případů poškození a v místě 3 se vyskytuje v 9 % případů.



Obr. č. 37: Graf Paretovy analýzy pro kolo zpětného chodu

Tab. č. 14: Počet oprav pro kolo 3. rychlosti (RAD)

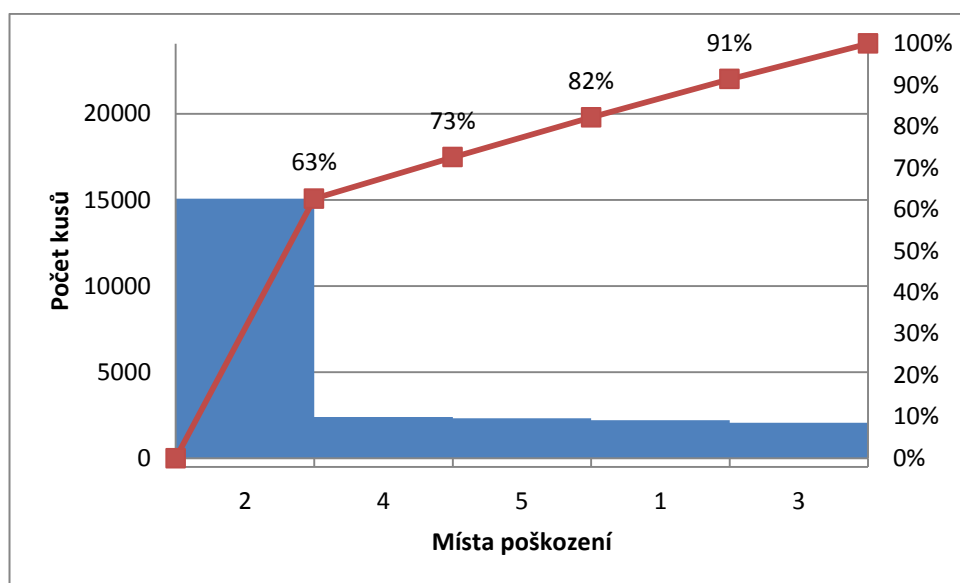
3. R (RAD)	opravy	1	2	3	4	5
leden	1319	123	654	99	287	156
únor	2084	84	1153	73	353	421
březen	2401	221	1319	189	354	318
duben	2003	276	1254	104	213	156
květen	1466	154	723	78	277	234
červen	5772	397	3784	345	659	587
červenec	3842	354	2983	356	51	98
srpen	549	49	412	53	16	19
září	392	41	256	58	12	25
říjen	1273	156	789	221	48	59
listopad	1850	241	1031	284	99	195
prosinec	1134	124	714	211	36	49
celkem	24085	2220	15072	2071	2405	2317

Tab. č. 15: Kumulativní četnost pro kolo 3. rychlosti (RAD)

3. R (RAD)	počet oprav	relativní četnost	kumulativní četnost	interval spolehlivosti	
2	15072	0,626	0,626	0,620	0,632
4	2405	0,100	0,726	0,096	0,104
5	2317	0,096	0,822	0,092	0,100
1	2220	0,092	0,914	0,089	0,096
3	2071	0,086	1	0,082	0,090

Na obrázku č. 38 je zobrazena paretova analýza pro kolo 3. rychlosti (RAD). Z grafu je vidět, že je potřeba odstranit závady způsobující poškození v místech 2, 4 a 5.

Odstraněním závad v místech 2, 4 a 5 by bylo dosaženo z 82 % požadovaného efektu. Nejvyšší četnost poškození se prokázala v místě 2, kde je četnost poškození 63 %. Poškození ozubení v místě 4 se vyskytuje v 10 % případů poškození a v místě 5 se vyskytuje v 9 % případů.



Obr. č. 38: Graf Paretovy analýzy pro kolo 3. Rychlosti (RAD)

Tab. č. 16: Počet oprav pro kolo 3. rychlosti (SCHALTRAD)

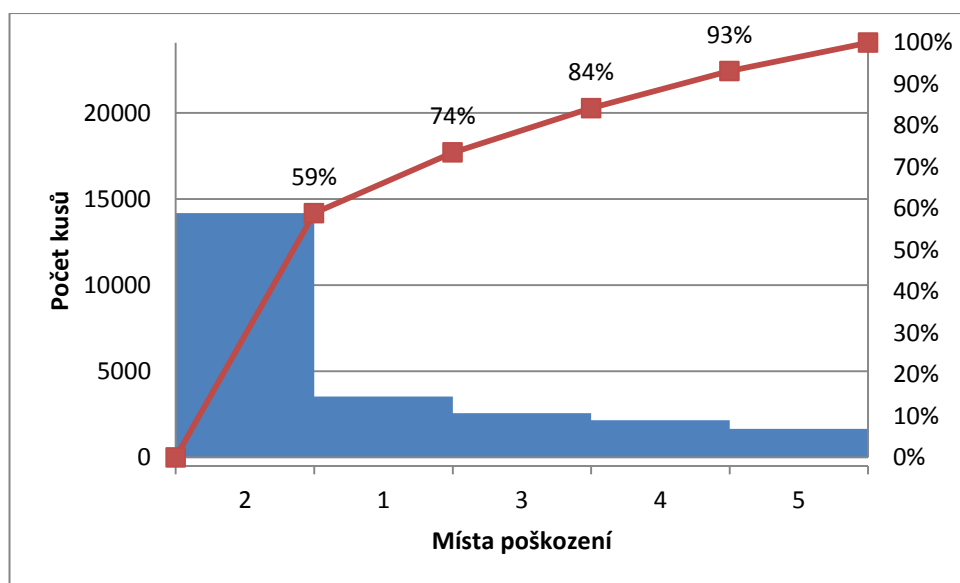
3. R (SCH)	opravy	1	2	3	4	5
leden	2094	354	1168	132	261	179
únor	3424	358	2245	302	287	232
březen	2051	272	1341	133	201	104
duben	2398	388	1259	284	313	154
květen	1430	198	879	134	119	100
červen	1991	325	1099	247	171	149
červenec	1472	173	999	125	89	86
srpen	1997	284	1158	269	172	114
září	1964	312	984	352	159	157
říjen	2595	387	1517	299	189	203
listopad	1488	286	829	168	109	96
prosinec	1173	192	695	126	87	73
celkem	24077	3529	14173	2571	2157	1647

Tab. č. 17: Kumulativní četnost pro kolo 3. rychlosti (SCHALTRAD)

3. R (SCH)	počet oprav	relativní četnost	kumulativní četnost	interval spolehlivosti	
2	14173	0,589	0,589	0,582	0,595
1	3529	0,147	0,735	0,142	0,151
3	2571	0,107	0,842	0,103	0,111
4	2157	0,090	0,932	0,086	0,093
5	1647	0,068	1	0,065	0,072

Na obrázku č. 39 je zobrazena paretova analýza pro kolo 3. rychlosti (SCHALTRAD). Z grafu je zřejmé, že je potřeba odstranit závady způsobující poškození v místech 2, 1 a 3.

Odstraněním závad v místech 2, 1 a 3 by bylo dosaženo z 84 % požadovaného efektu. Nejvyšší četnost poškození se prokázala v místě 2, kde je četnost poškození 59 %. Poškození ozubení v místě 1 se vyskytuje v 15 % případů poškození a v místě 3 se vyskytuje v 10 % případů.



Obr. č. 39: Graf Paretovy analýzy pro kolo 3. rychlosti (SCHALTRAD)

Tab. č. 18: Počet oprav pro kolo 4. rychlosti (RAD)

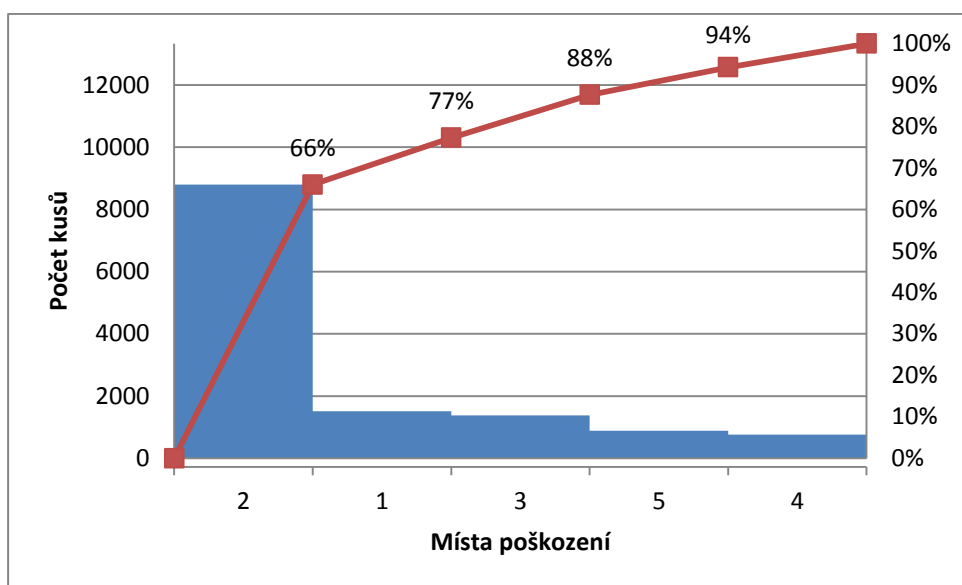
4. R (RAD)	opravy	1	2	3	4	5
leden	3843	321	3084	289	51	98
únor	2037	114	1027	121	354	421
březen	941	127	576	91	83	64
duben	725	91	503	87	32	12
květen	748	115	471	87	46	29
červen	1212	156	638	221	78	119
červenec	1083	145	714	121	46	57
srpen	394	74	227	67	19	7
září	511	89	356	54	8	4
říjen	576	101	372	74	12	17
listopad	828	117	539	107	28	37
prosinec	436	59	289	63	9	16
celkem	13334	1509	8796	1382	766	881

Tab. č. 19: Kumulativní četnost pro kolo 4. rychlosti (RAD)

4. R (RAD)	počet oprav	relativní četnost	kumulativní četnost	interval spolehlivosti	
2	8796	0,660	0,660	0,652	0,668
1	1509	0,113	0,773	0,108	0,119
3	1382	0,104	0,876	0,098	0,109
5	881	0,066	0,943	0,062	0,070
4	766	0,057	1	0,053	0,061

Na obrázku č. 40 je zobrazena paretova analýza pro kolo 4. Rychlosti (RAD). Z grafu je zřejmé, že je potřeba odstranit závady způsobující poškození v místech 2, 1 a 3.

Odstraněním závad v místech 2, 1 a 3 by bylo dosaženo z 88 % požadovaného efektu. Nejvyšší četnost poškození se prokázala v místě 2, kde je četnost poškození 66 %. Poškození ozubení v místě 1 se vyskytuje v 11 % případů poškození a v místě 3 se vyskytuje v 11 % případů.



Obr. č. 40: Graf Paretovy analýzy pro kolo 4. rychlosti (RAD)

Tab. č. 20: Počet oprav pro kolo 4. rychlosti (SCHALTRAD)

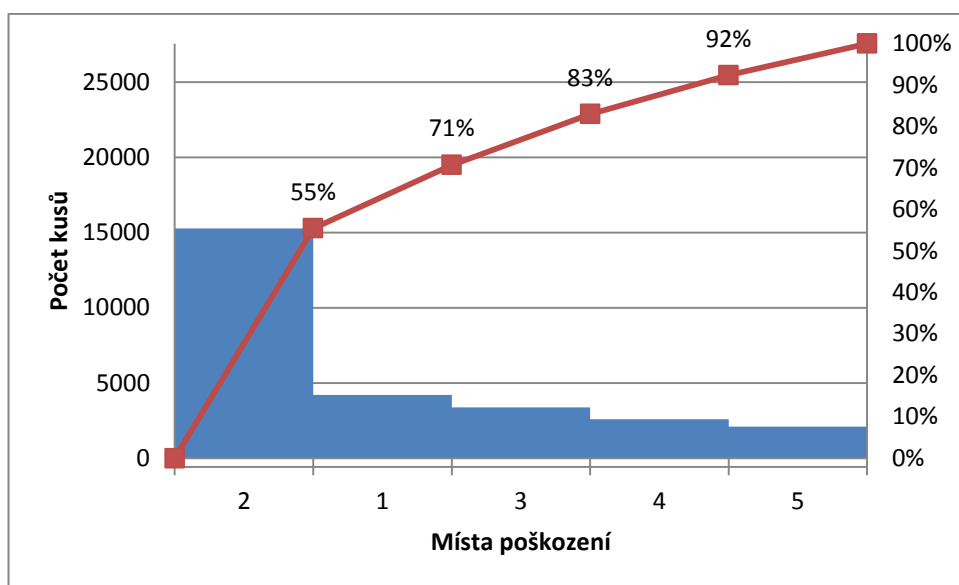
4. R (SCH)	opravy	1	2	3	4	5
leden	2680	425	1243	374	363	275
únor	3337	401	1984	361	315	276
březen	1834	287	1087	159	198	103
duben	1969	342	956	241	303	127
květen	2007	296	1192	242	132	145
červen	2607	379	1456	384	206	182
červenec	1937	283	1143	225	93	193
srpen	2631	431	1398	365	194	243
září	2961	512	1621	352	309	167
říjen	2145	381	1069	287	199	209
listopad	1890	276	1143	235	153	83
prosinec	1560	197	987	156	124	96
celkem	27558	4210	15279	3381	2589	2099

Tab. č. 21: Kumulativní četnost pro kolo 4. rychlosti (SCHALTRAD)

4. R (SCH)	počet oprav	relativní četnost	kumulativní četnost	interval spolehlivosti	
2	15279	0,554	0,554	0,549	0,560
1	4210	0,153	0,707	0,149	0,157
3	3381	0,123	0,830	0,119	0,127
4	2589	0,094	0,924	0,091	0,097
5	2099	0,076	1	0,073	0,079

Na obrázku č. 41 je zobrazena paretova analýza pro kolo 4. rychlosti (SCHALTRAD). Z grafu je zřejmé, že je potřeba odstranit závady způsobující poškození v místech 2, 1 a 3.

Odstraněním závad v místech 2, 1 a 3 by bylo dosaženo z 83 % požadovaného efektu. Nejvyšší četnost poškození se prokázala v místě 2, kde je četnost poškození 55 %. Poškození ozubení v místě 1 se vyskytuje v 16 % případů poškození a v místě 3 se vyskytuje v 12 % případů.



Obr. č. 41: Graf Paretovy analýzy pro kolo 4. rychlosti (SCHALTRAD)

Tab. č. 22: Počet oprav pro kolo 5. rychlosti (RAD)

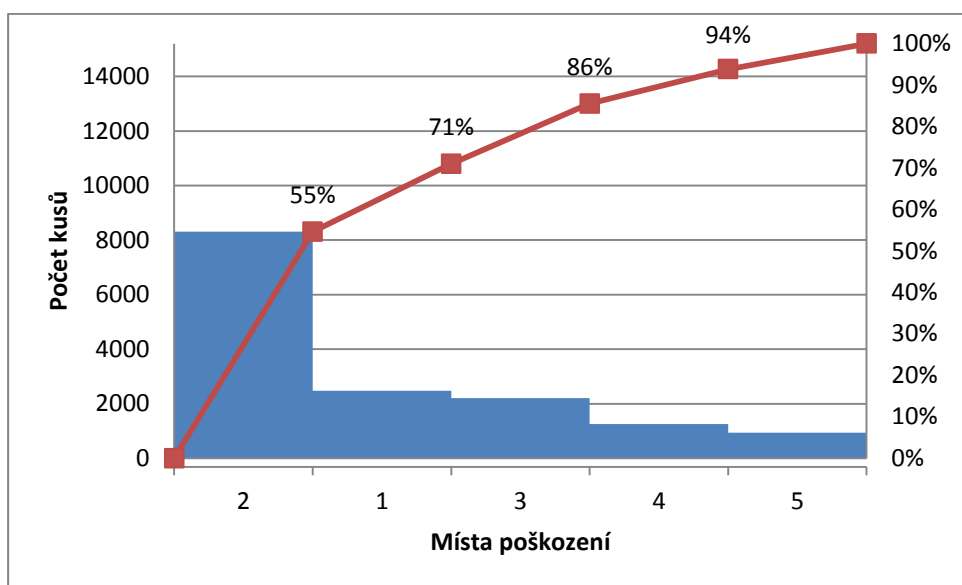
5. R (RAD)	opravy	1	2	3	4	5
leden	1807	289	1045	291	96	86
únor	2049	286	1104	294	208	157
březen	1314	173	783	129	142	87
duben	584	91	317	87	58	31
květen	1070	187	618	154	76	35
červen	1315	231	695	189	102	98
červenec	1251	294	634	133	113	77
srpen	1533	227	794	267	134	111
září	712	91	419	146	17	39
říjen	1372	287	723	174	129	59
listopad	1491	229	793	183	161	125
prosinec	706	98	384	163	26	35
celkem	15204	2483	8309	2210	1262	940

Tab. č. 23: Kumulativní četnost pro kolo 5. rychlosti (RAD)

5. R (RAD)	počet oprav	relativní četnost	kumulativní četnost	interval spolehlivosti	
2	8309	0,547	0,547	0,539	0,554
1	2483	0,163	0,710	0,157	0,169
3	2210	0,145	0,855	0,140	0,151
4	1262	0,083	0,938	0,079	0,087
5	940	0,062	1	0,058	0,066

Na obrázku č. 42 je zobrazena paretova analýza pro kolo 5. rychlosti (RAD). Z grafu je zřejmé, že je potřeba odstranit závady způsobující poškození v místech 2, 1 a 3.

Odstraněním závad v místech 2, 1 a 3 by bylo dosaženo z 86 % požadovaného efektu. Nejvyšší četnost poškození se prokázala v místě 2, kde je četnost poškození 55 %. Poškození ozubení v místě 1 se vyskytuje v 16 % případů poškození a v místě 3 se vyskytuje v 15 % případů.



Obr. č. 42: Graf Paretovy analýzy pro kolo 5. rychlosti (RAD)

Tab. č. 24: Počet oprav pro kolo 5. rychlosti (SCHALTRAD)

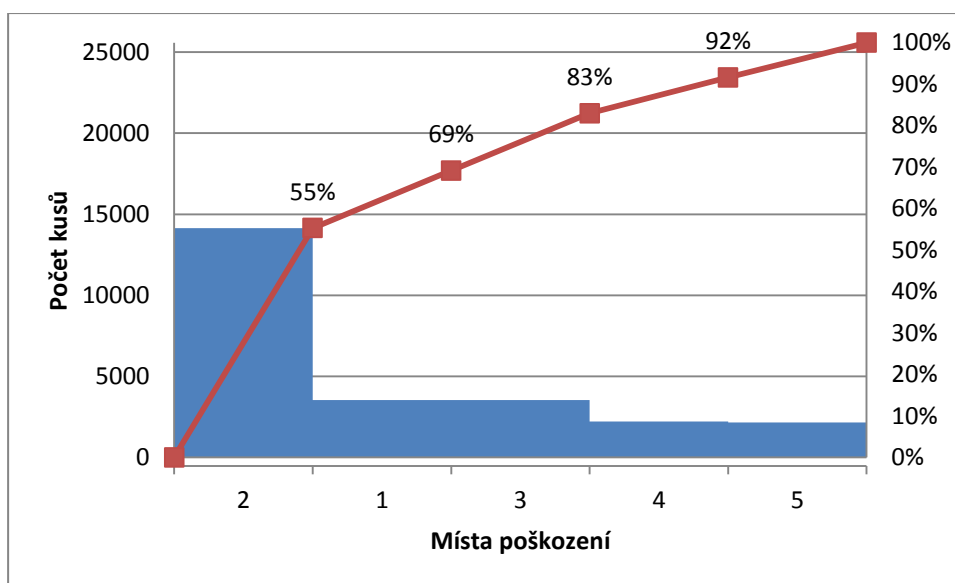
5. R (SCH)	opravy	1	2	3	4	5
leden	3350	425	1829	461	321	314
únor	3613	576	1964	417	359	297
březen	1882	248	1042	289	126	177
duben	1704	283	973	214	127	107
květen	1500	243	781	248	132	96
červen	1637	228	894	243	114	158
červenec	1552	183	895	245	96	133
srpen	2433	372	1329	269	279	184
září	1835	215	1046	300	117	157
říjen	2985	318	1746	397	251	273
listopad	1406	170	752	263	105	116
prosinec	1689	284	896	193	180	136
celkem	25586	3545	14147	3539	2207	2148

Tab. č. 25: Kumulativní četnost pro kolo 5. rychlosti (SCHALTRAD)

5. R (SCH)	počet oprav	relativní četnost	kumulativní četnost	interval spolehlivosti	
2	14147	0,553	0,553	0,547	0,559
1	3545	0,139	0,691	0,134	0,143
3	3539	0,138	0,830	0,134	0,143
4	2207	0,086	0,916	0,083	0,090
5	2148	0,084	1	0,081	0,087

Na obrázku č. 43 je zobrazena paretova analýza pro kolo 5. rychlosti (SCHALTRAD). Z grafu je zřejmé, že je potřeba odstranit závady způsobující poškození v místech 2, 1 a 3.

Odstraněním závad v místech 2, 1 a 3 by bylo dosaženo z 83 % požadovaného efektu. Nejvyšší četnost poškození se prokázala v místě 2, kde je četnost poškození 55 %. Poškození ozubení v místě 1 se vyskytuje v 14 % případů poškození a v místě 3 se vyskytuje v 14 % případů.



Obr. č. 43: Graf Paretovy analýzy pro kolo 5. rychlosti (SCHALTRAD)

2.2. Rizika poškození ozubení

Cílem diplomové práce je najít riziková místa a na ně nápravná opatření, aby došlo ke snížení množství poškozených dílů. Riziková místa byla stanovena z výsledků konečné kontroly na stroji CM Digit, z výsledků analýz zmetkových převodovek a následných technologických pochůzek. Z výsledků konečné kontroly na stroji CM Digit a následného statistického zhodnocení bylo zjištěno, že díly jsou nejvíce poškozeny v místě 2.

V této části jsou uvedeny operace jednotlivých dílů, na kterých mohlo dojít během procesu výroby k poškození ozubení. Poškození jednotlivých dílů může vzniknout při nesprávné manipulaci s díly nebo může být způsobeno strojem. Dlouhodobým sledováním výroby bylo zjištěno, že cca 80 % poškození ozubení vzniká manipulací s díly. Pro snížení poškození ozubení je nutné používat různých ochranných prvků jako např. ochranné rohy na bedny, pogumované plechy a jiné plastové ochranné prvky na strojích proti poškození. Pokud dojde k opotřebení ochranných prvků je nutná výměna těchto prvků, aby nedocházelo k poškození dílů. Bylo zjištěno, že cca 20 % poškození ozubení je způsobeno strojem. Toto poškození vzniká zejména špatnými dopravníky a přechody mezi dopravníky na strojích jako např. u dílů 3., 4. a 5. rychlosti při operaci svařování a operaci praní.

V následující kapitole budou uvedeny jednotlivé díly a operace, při kterých dochází k poškození ozubení.

2.2.1. Poškození kola 3., 4. a 5. rychlosti (RAD)

Operace č. 72 – Praní

Vyjmutí dílů z dopravníku

Po operaci ševingování je nutné díly zbavit nečistot a oleje před tepelným zpracováním. Zbavení nečistot a oleje je realizováno operací praní. Na konci operace praní jsou díly odváděny dopravníkem, ze kterého jsou díly vyjmuty do vozíku s rošty.

Poškození ozubení vzniká při manipulaci s díly. Kola 3. a 4. rychlosti jsou větší než kolo 5. rychlosti. Na díly je vyvíjen vyšší tlak při vyndávání, a proto u nich dochází k většímu poškození. Díly se na dopravníku hromadí a při jejich vyjmutí z dopravníku nesprávným způsobem dochází k poškození. Poškození vzniká tehdy, když jsou díly vyndávány zepředu dopravníku. Na obrázku č. 44 je znázorněn dopravník s odvedenými kusy po operaci praní.

Přechod mezi dopravníky

Na operaci č. 72 – praní nedochází k plynulému odvádění dílů na dopravník, ze kterého jsou kusy odebírány a vkládány na rošt pro tepelné zpracování. Díly se hromadí na přechodu mezi dopravníkem, který vede z pračky a dopravníkem pro odběr dílů, což je znázorněno na obr. č. 45. Díly do sebe naráží, dochází ke vzniku poškození ozubení.



Obr. č. 44: Hromadění dílů na dopravníku

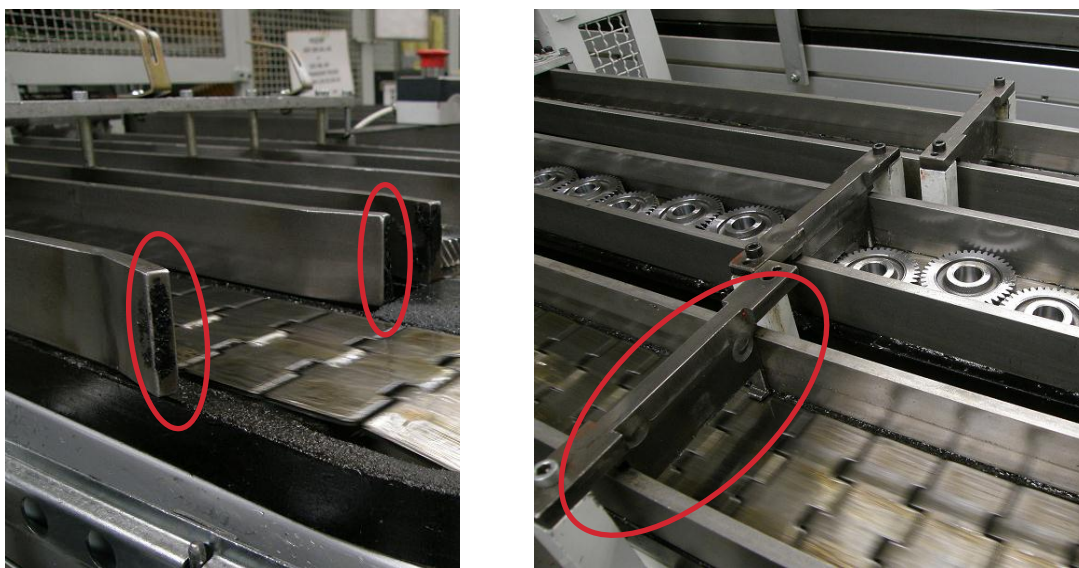


Obr. č. 45: Hromadění dílů na přechodu mezi
dopravníky

Operace č. 11 – Protahování

Špatné ocelové zarážky

Na vstupním dopravníku jsou umístěny ocelové zarážky, které zamezují vstupu nesprávného dílu do stroje. Zarážky, které jsou na obrázku č. 46, přímo na svých okrajích kolidují s ozubením a může tak docházet k poškození zubů.



Obr č. 46: Poškození o ocelové zarážky

Nízký tlak oplachujícího oleje

Na operaci protahování vzniká vnitřní drážkování. Díly je potřeba zbavit nečistot, a tak jsou oplachovány olejem pod určitým tlakem. Na této operaci byly zjištěny viditelné otlaky na nábojích kol, což bylo způsobeno nízkým tlakem oplachujícího oleje.



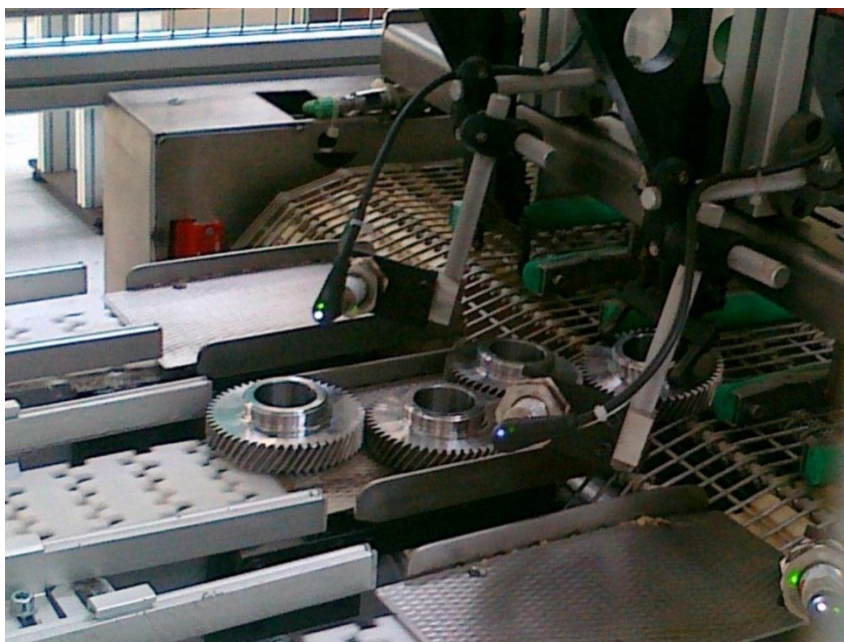
Obr. č. 47: Nečistoty na dílu

2.2.2. Poškození kola 3., 4. a 5. rychlosti (SCHALTRAD)

Operace č. 72 – Praní

Porucha chapače

Po operaci ševingování jsou díly vyprány a odváděny na dopravník a následně vkládány na vozík pro operaci svařování. Plynulé odvádění dílů z pračky na dopravníku zajišťuje chapač, který je znázorněn na obrázku č. 48. Úkolem chapače je přetlačit kolo přes skluz mezi dopravníky, a tím zamezení hromadění dílů. Na stroji došlo k poruše chapače. V důsledku poruchy chapače došlo k hromadění dílů mezi dopravníky, a tím k poškození ozubení.



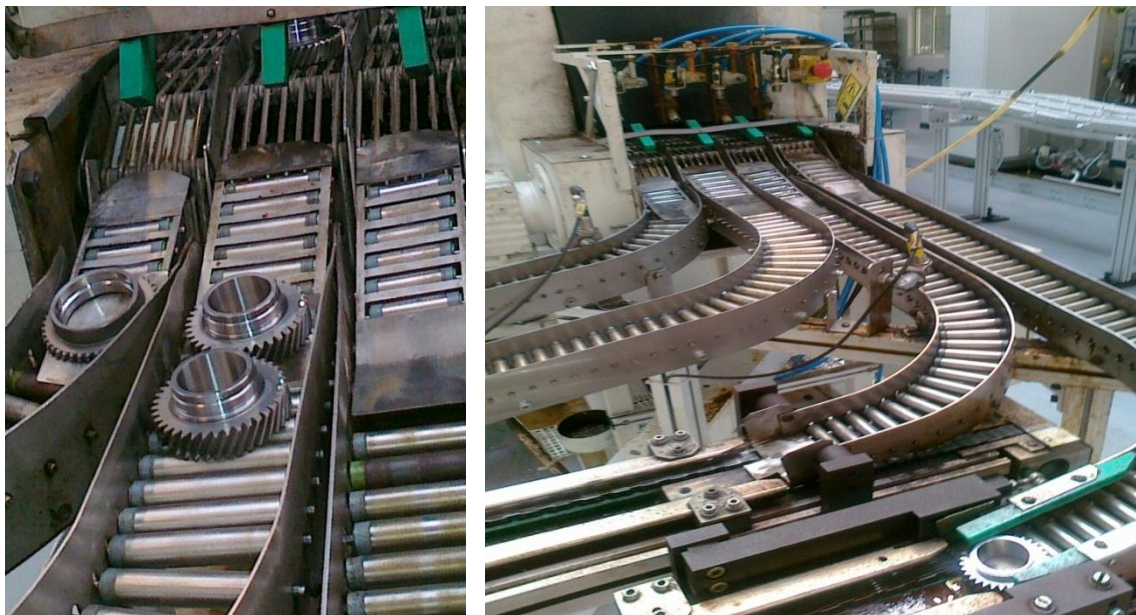
Obr. č. 48: Porucha chapače

Operace č. 80 - Svařování

Neodvedený kus

Po ševingování je nutné díly vyprat a na díl navařit věnec. Před samotným svařováním dochází k praní, oplachu, ofuku a následně horkovzdušnému sušení dílů. Následně jsou díly odváděny pomocí dopravníků do lisovacího zařízení, a poté jsou svařeny. Při odvádění dílů dochází k uvíznutí dílu na skluzu nebo mezi dopravníky viz. obr. č. 49.

Uváznutím kusů dochází ke kolizi s kusem nově odváděným. Následkem této kolize vzniká poškození na dílech.



Obr. č. 49: Hromadění dílů na přechodech mezi dopravníky

Protáčení dílů

Díly, které jsou dopravovány k lisovacímu zařízení a následně ke svařovací lince, jsou na vstupním dopravníku unášeny a při dotyku zubů dochází k jejich protáčení viz. obr. č. 50. Při protáčení dochází ke vzniku poškození ozubení.

Napnutý řetěz dopravníku

Na operaci svařování dochází u přechodu mezi dopravníky k hromadění dílů, pokud není řetěz dopravníku napnut viz. obr. č. 51. Při nenapnutém řetězu na dopravníku dochází ke vzniku poškození ozubení.



Obr. č. 50: Protáčení dílů na dopravníku



Obr. č. 51: Nenapnutý řetěz dopravníku

Ochranný kryt

Na operaci svařování dochází při vkládání dílů na dopravník k poškození ozubení, a proto je na dopravník přidělaný ze všech stran ochranný kryt z plastu, a tím nedochází k poškození ozubení. Na obrázku č. 52 jsou znázorněna místa, kde chybí ochranné kryty.



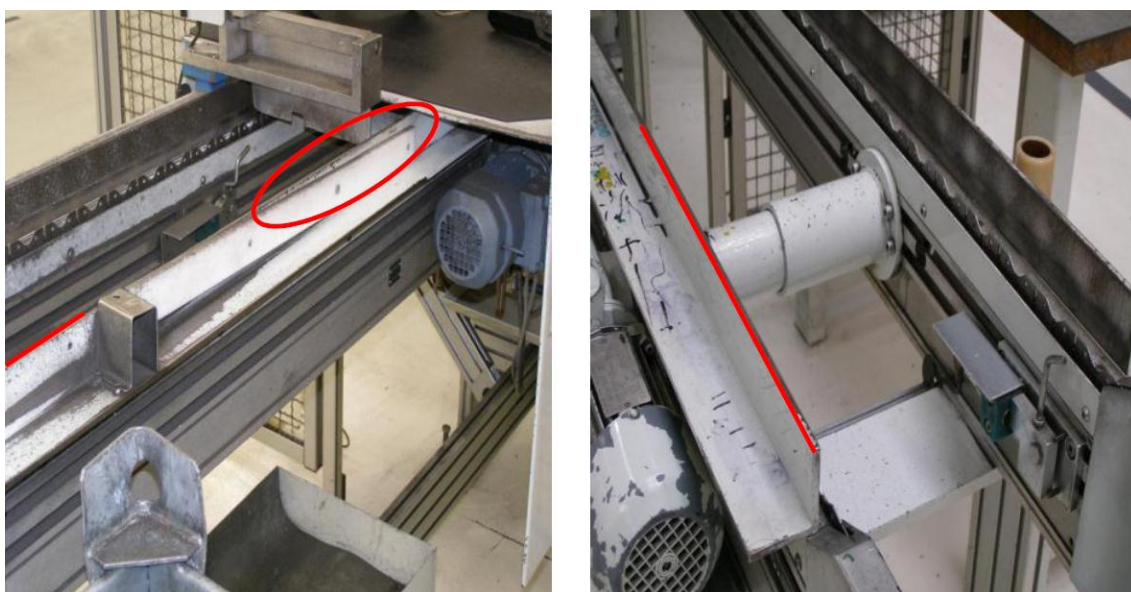
Obr. č. 52: Chybějící ochranný kryt

2.2.3. Hnaný hřídel - Pastorek

Operace č. 70 – Ševingování

Vyjmutí dílů z dopravníku

Na operaci ševingování dochází při vyndávání dílů z dopravníku k poškození ozubení. Díly se neopatrným vyndáváním z dopravníku poškodí o hranu stroje. Z toho důvodu je na hranu stroje přidělaný ochranný kryt z pogumovaného plechu, a tím nedochází k poškození ozubení. Na obrázku č. 53 jsou znázorněny hrany bez ochranných krytů.



Obr. č. 53: Nezakryté hrany

Operace č. 210 – Pevnostní tryskání

Dosedací plocha na přípravku

V kalírně na operaci pevnostní tryskání je použit přípravek, který musí mít dosedací plochu hladkou bez ostrých hran. Ostré hrany způsobují poškození ozubení. Na obrázku č. 54 jsou znázorněny přípravky se správnou dosedací plochou a s ostrou hranou na dosedací ploše.

- **Ostrá hrana dosedací plochy na přípravku**
- **Správná dosedací plocha na přípravku**



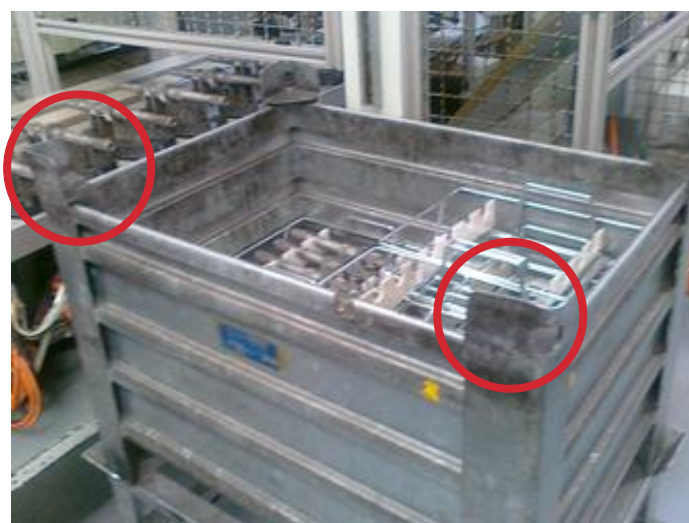
Obr. č. 54: Dosedací plocha na přípravku pro pevnostní tryskání

2.2.4. Hnací hřídel

Operace č. 130 a 150 – Broušení a CM Digit

Ochranné kryty

Na operaci broušení a kontrola ozubení na stroji CM Digit je nutné používat ochranné kryty. Při vyndávání dílů z vozíku dochází k poškození ozubení, a proto jsou na rohy vozíků dávány ochranné kryty.



Obr. č. 55: Chybějící ochranné kryty

2.2.5. Kolo 1. a 2. rychlosti

Operace č. 70 – Ševingování

Vyjmutí dílů ze stroje

Při operaci ševingování dochází k poškození ozubení při vyndávání dílů ze stroje. Díly se neopatrným vyndáváním z dopravníku poškodí o hranu stroje. Z toho důvodu byl na hranu stroje přidělaný ochranný kryt z pogumovaného plechu, a tím nedochází k poškození ozubení. Na obrázku č. 56 je znázorněna hrana, na kterou se ochranný kryt musí dát.



Obr. č. 56: Poškození o hranu stroje

Operace č. 72 – Praní

Vkládání dílů na dopravník

Díly jsou vyndávány ze švingovacího stroje přímo na dopravník k operaci praní. Jelikož je z pračky skluz na dopravník, je třeba dodržovat mezi díly dostatečnou vzdálenost, aby po skluzu na dopravník nedocházelo ke kolizi. Dostatečná vzdálenost mezi jednotlivými díly je 15 – 20 cm. Díly nesmí být vkládány na dopravník těsně za sebou viz. obrázek č. 58. Na skluzu u pračky díly do sebe narážejí, a tím vzniká poškození ozubení.

- **Dostatečná vzdálenost – 15 ÷ 20 cm**
- **Nedostatečná vzdálenost**



Obr. č. 57: Správné vkládání dílů na dopravník



Obr. č. 58: Špatné vkládání dílů na dopravník

2.2.6. Hnané kolo rozvodovky - diferenciál

Operace č. 80 – Lisování hnaného kola rozvodovky na skříň diferenciálu

Poškození ochranné gumy

Při operaci lisování hnaného kola rozvodovky na skříň diferenciálu dochází k poškození ozubení při odkládání dílů, které mají být slisovány a při vyndávání dílů z lisovací stanice do palety. Díly se neopatrným vyndáváním poškodí o hranu stroje. Z toho důvodu je potřeba na hranu stroje přidělat ochranný kryt, a tím nebude docházet k poškození ozubení. Na obrázku č. 59 jsou znázorněny hrany, na které je potřeba dát ochranný kryt.



Obr. č. 59: Poškozené ochranné gumy, nezakryté hrany

Skládání dílů do palety

Po operaci lisování hnaného kola rozvodovky na skříň diferenciálu jsou díly skládány do palety viz. obr. č. 60. Nesprávným skládáním dílů do palety dochází k poškození ozubení. V poslední vrstvě musí být plný počet kusů, neboť při následném transportu dílů dochází k poškození ozubení.



Obr. č. 60: Skládání dílů do palety

2.3. Preventivní opatření proti poškození ozubení

Preventivní opatření jsou navržena z praktických pozorování v provozu v celém technologickém toku jednotlivých dílů (technologické pochůzky).

2.3.1. Preventivní opatření pro kola 3., 4. a 5. rychlosti (RAD)

Operace č. 72 – Praní

Vyjmutí dílů z dopravníku

Díly na operaci praní byly vyndávány nesprávným způsobem, a proto byla vytvořena návodka na správné vyndávání dílů z dopravníku. Nejprve je nutné odebrat díly vycházející z pračky, aby byly uvolněny díly, které jsou nahromaděné na dopravníku. Na obrázku č. 61 je znázorněn správný způsob vyjmutí dílů z dopravníku.



Obr. č. 61: Návod na vyjmutí dílů z dopravníku

Přechod mezi dopravníky

Na operaci praní bylo zjištěno hromadění dílů mezi dopravníky, aby byly díly plynule odváděny a nedocházelo ke kolizi dílů je potřeba zvýšit sklon dopravníku vycházejícího z pračky.

Operace č. 11 – Protahování

Špatné ocelové zarážky

Při vstupu dílů na dopravník operace protahování docházelo ke kolizi dílů s ocelovými zarážkami. Jako preventivní opatření proti poškození byly přidělané na zarážky ochranné prvky ve formě gumy. Tyto ochranné prvky je zapotřebí kontrolovat. Při opotřebení ochranných prvků musí následovat okamžitá výměna, aby nedocházelo k opětovnému poškození ozubení.

Nízký tlak oplachujícího oleje

Na operaci protahování byly zjištěny viditelné otlaky způsobené nízkým tlakem oplachujícího oleje, a proto bylo nutné na stroji zvýšit tlak oplachujícího oleje.

2.3.2. Preventivní opatření pro kola 3., 4. a 5. rychlosti (SCHALTRAD)

Operace č. 72 – Praní

Porucha chapače

Na operaci praní docházelo k hromadění dílů na počátku dopravníku. Díly nebyly odváděny chapačem, a proto bylo nutné seřízení stroje a pravidelná kontrola stroje obsluhou.

Operace č. 80 - Svařování

Neodvedený kus

Na dopravníku vedoucího z pračky na operaci svařování docházelo k uvíznutí dílů na dopravníku, a tím ke kolizi jednotlivých dílů. Jako preventivní opatření je nutná výměna dopravníku vedoucího z pračky do lisovacího zařízení přes svařování. Toto opatření bude realizováno do konce roku 2013.

Protáčení dílů a napnutý řetěz dopravníku

Jako preventivní opatření byla zavedena kontrola napnutí řetězů do TPM od 21.11.2012 1 x za 520 hodin/měsíc.

Ochranný kryt

Na operaci svařování dochází na vstupním dopravníku při nesprávném vkládání dílů k poškození, a proto je nutné použití ochranných prvků – ochranné gumy. Tyto ochranné prvky je nutné kontrolovat. Pokud dojde k poškození ochranného prvku je zapotřebí okamžitá výměna.

2.3.3. Preventivní opatření pro hnaný hřídel – pastorek

Operace č. 70 – Ševingování

Vyjmutí dílů z dopravníku

Při špatné manipulaci při vkládání a vyndávání dílů z dopravníku na operaci ševingování docházelo k poškození ozubení. Jako preventivní opatření bylo stanoveno přidělat ochranný prvek – pogumovaný plech, který je znázorněn na obrázku č. 62, na operaci ševingování a dbát na správné vyndávání dílů z dopravníku.



Obr. č. 62: Ochranný prvek – pogumovaný plech

Operace č. 210 – Pevnostní tryskání

Dosedací plocha na přípravku

Přípravek s ostrou dosedací hlavou je nutné okamžitě vyměnit. Přípravek s ostrou hranou je předán do náradí na opravu.

2.3.4. Preventivní opatření pro hnací hřídel

Operace č. 130 a 150 – Broušení a CM Digit

Ochranné kryty

Při vkládání dílů do palet dochází k poškození ozubení o rohy palety. Jako preventivní opatření proti poškození je nutné na rohy palet dávat ochranné prvky – plastové nebo kovové rohy s gumou, které jsou znázorněny na obrázku č. 63. Tyto ochranné prvky je nutné používat a při opotřebení gumy na kovových rozích je nutná okamžitá výměna, aby nedocházelo k opětovnému poškození ozubení.



Obr. č. 63: Ochranný prvek

2.3.5. Preventivní opatření pro kola 1. a 2. rychlosti

Operace č. 70 – Ševingování

Vyjmutí dílů ze stroje

Při špatné manipulaci při vkládání a vyndávání dílů ze stroje na operaci ševingování docházelo k poškození ozubení. Jako preventivní opatření bylo zapotřebí přidělat na hranu stroje ochranný prvek – pogumovaný plech, plastová lišta. Nutná je kontrola opotřebení ochranných prvků, při poškození ochranného prvku dochází k poškození dílů a musí následovat okamžitá výměna prvku.

Operace č. 72 – Praní

Vkládání dílů na dopravník

Díly byly na dopravník na operaci praní vkládány nesprávným způsobem. Jako preventivní opatření byla vytvořena návodka na správné vkládání dílů na dopravníku. Na obrázku č. 64 je znázorněn správný způsob vkládání dílů na dopravník.



Obr. č. 64: Návod na vkládání dílů na dopravník

2.3.6. Preventivní opatření pro hnané kolo rozvodovky - diferenciál

Operace č. 80 – Lisování hnaného kola rozvodovky na skříň diferenciálu

Poškození ochranné gumy

Při neopatrné manipulaci na operaci lisování hnaného kola rozvodovky na skříň diferenciálu docházelo k poškození ozubení. Jako preventivní opatření bylo nutné přidělat ochranný prvek – gumu, plastové lišty na hrany stroje, a tím zamezit poškození ozubení.

Skládání dílů do palety

Díly jsou skládány do palet na operaci lisování hnaného kola rozvodovky na skříň diferenciálu. Nesprávným způsobem skládání docházelo k poškození ozubení. Jako preventivní opatření byla vytvořena návodka na správné vkládání dílů do palety. Na obrázku č. 65 je znázorněn správný způsob vkládání dílů do palety.



Obr. č. 65: Návod na správné skládání dílů do palety

2.3.7. Další preventivní opatření

Katalog poškození ozubení:

Školení zaměstnanců - téma kvalita.

Proškolení nových zaměstnanců.

Zaměstnanci musí být seznámeni se závadami.

Kontrola strojů:

Pokud je v převodovce poškozený díl, je nutné ho následně znovu zkontrolovat na stroji CM Digit, a tak i prověřit nastavení stroje

Dle charakteru poškození se musí kontrolovat upínání dílů (upínání za zuby) zda nevzniklo poškození tam.

Kontrola upínačů, tlaku upínačů – fréza


Výměna nástroje na operaci frézování:

Pracovník je povinen provést měření ozubení na posledním díle na konci životnosti nástroje.

Pracovník je povinen provést měření ozubení na posledním díle při vyjmutí nástroje, i když není na konci životnosti a bude opětovně nasazen.

2.4. Katalog poškození dílů

Katalog poškození dílů bude sloužit jako materiál pro školení nových zaměstnanců, porady o poškození dílů pro zaměstnance. Katalog bude mít každé středisko a specialisti ozubení. Na obrázku č. 66 je ukázka z katalogu poškození ozubení dílů – poškození hnaného hřídele. Celý katalog poškození dílů bude uveden v příloze č. 3.

ŠKODA AUTO		Poškození ozubení
STŘEDISKO	NÁZEV DÍLU	ČÍSLO DÍLU
2142	Hnaný hřídel	02T 311 205
		
ZAVADA Poškození ozubení na hnaném hřídeli		
PŘÍČINA Poškození ozubení - otláčení při nedostatečném oplachu na operaci ševingování		
NAPRAVNÉ OPATŘENÍ Kontrola stavu a seřízení oplachů na operaci ševingování Seznámení pracovníků se závadou a proškolení Přefiltrování řezné kapaliny na operaci ševingování, provádět filtraci pravidelně		

Obr. č. 66: Poškození hnaného hřídele - katalog poškození ozubení

3. ZÁVĚR

Diplomová práce se zabývala stanovením rizik poškození ozubení hřídelů a kol ve výrobě převodovek MQ 200. Cílem diplomové práce bylo najít rizika poškození ozubení, a tím snížit poškození ozubení ve výrobě převodovek MQ 200.

V literární části diplomové práce je uvedena konstrukce převodovky, technologický postup výroby jednotlivých dílů a kontrola ozubení na stroji CM Digit, což je důležité z hlediska dalších částí diplomové práce.

Pro zjištění četnosti poškození v jednotlivých místech poškození ozubení byla zvolena paretova analýza. Pro paretovu analýzu byla použita data ze stroje CM Digit, konzultace s pracovníky ze strojů a vlastní sledování na strojích CM Digit. Díky paretově analýze bylo zjištěno, ve kterých místech ozubení je poškození nejčastěji způsobeno. Z výsledků paretovy analýzy vyplývá, že nejčastěji se vyskytuje poškození ozubení v místě 2 – hlava zubu. U všech dílů kromě hnací hřídele je nejčastější poškození na hlavě zubu. U hnací hřídele se projevilo nejčastější poškození ozubení v místě 1 a 3, což jsou špičky zubu. Tato poškození jsou nejčastěji způsobena manipulací s díly v průběhu výroby. U hnaného kola rozvodovky – diferenciálu bylo druhé nejčastější poškození ozubení v místě 4 – bok zubu, což bylo způsobeno špatným zakládáním dílů do palety.

Na základě výsledků z paretovy analýzy, analýzy zmetkových převodovek a technologických pochůzek byla stanovena rizika poškození ozubení. Z 80 % je poškození ozubení způsobeno při manipulaci s materiálem, proto byla stanovena opatření, která budou minimalizovat tato rizika poškození. Poškození způsobená strojem se vyskytují pouze ve 20 % případů. Tato poškození jsou většinou způsobena špatnými dopravníky na operacích svařování a praní nebo poruchou stroje.

Preventivní opatření byla navržena dle zjištěných rizik poškození ozubení. Ke každému konkrétnímu riziku poškození ozubení bylo navrženo preventivní opatření proti poškození ozubení. Následně byla navržena i jiná preventivní opatření. Jako jedno z preventivních opatření bylo vytvoření katalogu s nejčastěji se vyskytujícím poškozením. Katalog poškození ozubení bude sloužit jako materiál pro specialisty, pro jednotlivá střediska, která budou školit nové zaměstnance, a také bude používán při výrobních

poradách. V katalogu je uvedena u každého dílů o jakou závadu se jedná, její příčina a nápravné opatření.

V současné době je většina opatření realizována. Na základě výsledků diplomové práce a workshopů na téma Rizika poškození ozubení vznikají další nové foto návodky pro snížení poškození ozubení.

Tato diplomová práce je zaměřena na automobilový průmysl. Metodu, kterou jsem použila pro analýzu vad výrobků lze použít i v textilním průmyslu a jiných odvětvích.

Použitá literatura

- [1] Vlk, F.: Převody motorových vozidel. 1. vydání, Brno 2006 ISBN 80-239-6463-1
- [2] CM – DIGIT GmbH & Co.KG. Návod k obsluze stroje CM Digit. 2000. Abrollprüfstand – Nr. A – 111/451 68542-588-76
- [3] Interní materiály ŠKODA AUTO, a.s.
- [4] Dolák, J., Šipka, T., Procházka, J.: Nové poznatky z technologie výroby ozubení a konstrukčního uplatnění nových typů ozubených převodovek. Výzkumný ústav obráběcích strojů. Praha 1990
- [5] Kocman, K., Prokop, J. Technologie obrábění. 2. vydání, Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2005. ISBN 80-214-3068-0.
- [6] JANÍK, V. Výroba ozubení. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1964. 92 s.
- [7] Mádl, J., Kafka, J., Vrabec, M., Dvořák, R. Technologie obrábění. 3. díl. ČVUT
- [8] Service 37. Škoda Fabia. Mechanická převodovka 02T. Mechanická převodovka 002 - 01/00./Dílenská učební pomůcka. Mladá Boleslav: Škoda Auto a. s., 2000. 35 s.
- [9] Svoboda, J., Tajzich, Achtenová, G. Mechanické a hydraulické převody [online]. [cit. 12.11.2012]. Dostupné na internetu: <http://www.inovacedmt.fs.cvut.cz/studijni_materialy/6.10.2006_MHP.ppt>.
- [10] Hosnedl, S., Krátký, J. Příručka strojního inženýra: Obecné strojní části 2, převodové mechanismy. Praha: Computer Press, 2000. 198 s. ISBN 80-7226-202-5.
- [11] Šubín, K.: Omezení protahování ozubených kol po tepelném zpracování. Pardubice: Diplomová práce, 2008

[12] Škoda Panda [online]. [cit. 12.10.2012]. Převodovky. Dostupné na internetu: <<http://skoda.panda.cz/clanek.php3?id=436>>.

[13] Hendl, J.: Přehled statistických metod zpracování dat. 1. vydání, Praha: Portál, 2004. ISBN 80-7178-820-1.

[14] STŘELEČ, J. vlastnicesta.cz [online]. [cit. 15.4.2013]. Paretova analýza. Dostupné na internetu: <<http://www.vlastnicesta.cz/akademie/kvalita-systemkvality/kvalita-system-kvality-metody/paretova-analyza/>>.

[15] LORENC, M. *lorenc.info* [online]. [cit. 15.4.2013]. Paretova analýza. Dostupné z internetu: <<http://lorenc.info/3MA381/graf-paretova-analyza.htm>>.

[16] Mechmes [online]. [cit. 28.4.2013]. Převody ozubenými koly. Dostupné na internetu: <http://mechmes.websnadno.cz/dokumenty/pri-str16_0_prevodyozubenymi_koly_zakladnipojmy.pdf>.

[17] MindTools. [online]. [cit. 28.4.2013]. Pareto Analysis: Selecting the Most Important Changes to Make. Dostupné na internetu: <http://www.mindtools.com/pages/article/newTED_01.htm>.

[18] Juran J. M., Juran's Quality Control Handbook. McGraw-Hill, 1988. ISBN 0-07-034003-X

Seznam obrázků a tabulek

- Obr. č. 1: Převodovka MQ 200
- Obr. č. 2: Skříň převodovky
- Obr. č. 3: Hnací hřídel
- Obr. č. 4: Hnaný hřídel
- Obr. č. 5: držák ložiska hnacího a hnaného hřídele
- Obr. č. 6: Dvojnásobná synchronizace 1. a 2. rychlostního stupně
- Obr. č. 7: Diferenciál
- Obr. č. 8: Hnací hřídel
- Obr. č. 9: Pastorek
- Obr. č. 10: Kolo 1. rychlosti
- Obr. č. 11: Kolo 2. rychlosti
- Obr. č. 12: Kolo zpětného chodu
- Obr. č. 13: Hnané kolo rozvodovky
- Obr. č. 14: Věnc 3. – 5. rychlosti
- Obr. č. 15: Kolo 3. rychlosti
- Obr. č. 16: Kolo 3. rychlosti (Rad)
- Obr. č. 17: Kolo 4. rychlosti
- Obr. č. 18: Kolo 4. rychlosti (Rad)
- Obr. č. 19: Kolo 5. rychlosti
- Obr. č. 20: Kolo 5. rychlosti (Rad)
- Obr. č. 21: Jádru synchronní spojky 1. – 2. rychlosti
- Obr. č. 22: Jádru synchronní spojky 3. – 4. rychlosti
- Obr. č. 23: Jádru synchronní spojky 5. rychlosti
- Obr. č. 24: Objímka synchronní spojky 1. – 2. rychlosti
- Obr. č. 25: Objímka synchronní spojky 3. – 5. rychlosti
- Obr. č. 26: Skříň převodovky
- Obr. č. 27: Skříň spojky
- Obr. č. 28: Parametry čelního ozubeného kola s přímými zuby
- Obr. č. 29: CM Digit
- Obr. č. 30: Paretův diagram a Lorenzova křivka
- Obr. č. 31: Místa poškození ozubení
- Obr. č. 32: Graf Paretovy analýzy pro hnací hřídel

- Obr. č. 33: Graf Paretovy analýzy pro kolo 1. rychlosti
- Obr. č. 34: Graf Paretovy analýzy pro kolo 2. rychlosti
- Obr. č. 35: Graf Paretovy analýzy pro hnané kolo rozvodovky - diferenciál
- Obr. č. 36: Graf Paretovy analýzy pro hnaný hřídel
- Obr. č. 37: Graf Paretovy analýzy pro kolo zpětného chodu
- Obr. č. 38: Graf Paretovy analýzy pro kolo 3. Rychlosti (RAD)
- Obr. č. 39: Graf Paretovy analýzy pro kolo 3. rychlosti (SCHALTRAD)
- Obr. č. 40: Graf Paretovy analýzy pro kolo 4. rychlosti (RAD)
- Obr. č. 41: Graf Paretovy analýzy pro kolo 4. rychlosti (SCHALTRAD)
- Obr. č. 42: Graf Paretovy analýzy pro kolo 5. rychlosti (RAD)
- Obr. č. 43: Graf Paretovy analýzy pro kolo 5. rychlosti (SCHALTRAD)
- Obr. č. 44: Hromadění dílů na dopravníku
- Obr. č. 45: Hromadění dílů na přechodu mezi dopravníky
- Obr. č. 46: Poškození o ocelové zarážky
- Obr. č. 47: Nečistoty na dílu
- Obr. č. 48: Porucha chapače
- Obr. č. 49: Hromadění dílů na přechodech mezi dopravníky
- Obr. č. 50: Protáčení dílů na dopravníku
- Obr. č. 51: Nenapnutý řetěz dopravníku
- Obr. č. 52: Chybějící ochranný kryt
- Obr. č. 53: Nezakryté hrany
- Obr. č. 54: Dosedací plocha na přípravku pro pevnostní tryskání
- Obr. č. 55: Chybějící ochranné kryty
- Obr. č. 56: Poškození o hranu stroje
- Obr. č. 57: Správné vkládání dílů na dopravník
- Obr. č. 58: Špatné vkládání dílů na dopravník
- Obr. č. 59: Poškozené ochranné gumy, nezakryté hrany
- Obr. č. 60: Skládání dílů do palety
- Obr. č. 61: Návod na vyjmutí dílů z dopravníku
- Obr. č. 62: Ochranný prvek – pogumovaný plech
- Obr. č. 63: Ochranný prvek
- Obr. č. 64: Návod na vkládání dílů na dopravník
- Obr. č. 65: Návod na správné skládání dílů do palety
- Obr. č. 66: Poškození hnaného hřídele - katalog poškození ozubení

- Tab. č. 1: Označení základních parametrů ozubení
- Tab. č. 2: Počet oprav pro hnací hřídel
- Tab. č. 3: Kumulativní četnost pro hnací hřídel
- Tab. č. 4: Počet oprav pro kolo 1. rychlosti
- Tab. č. 5: Kumulativní četnost pro kolo 1. rychlosti
- Tab. č. 6: Počet oprav pro kolo 2. rychlosti
- Tab. č. 7: Kumulativní četnost pro kolo 2. rychlosti
- Tab. č. 8: Počet oprav pro hnané kolo rozvodovky
- Tab. č. 9: Kumulativní četnost pro hnané kolo rozvodovky
- Tab. č. 10: Počet oprav pro hnaný hřídel
- Tab. č. 11: Kumulativní četnost pro hnaný hřídel
- Tab. č. 12: Počet oprav pro kolo zpětného chodu
- Tab. č. 13: Kumulativní četnost pro kolo zpětného chodu
- Tab. č. 14: Počet oprav pro kolo 3. rychlosti (RAD)
- Tab. č. 15: Kumulativní četnost pro kolo 3. rychlosti (RAD)
- Tab. č. 16: Počet oprav pro kolo 3. rychlosti (SCHALTRAD)
- Tab. č. 17: Kumulativní četnost pro kolo 3. rychlosti (SCHALTRAD)
- Tab. č. 18: Počet oprav pro kolo 4. rychlosti (RAD)
- Tab. č. 19: Kumulativní četnost pro kolo 4. rychlosti (RAD)
- Tab. č. 20: Počet oprav pro kolo 4. rychlosti (SCHALTRAD)
- Tab. č. 21: Kumulativní četnost pro kolo 4. rychlosti (SCHALTRAD)
- Tab. č. 22: Počet oprav pro kolo 5. rychlosti (RAD)
- Tab. č. 23: Kumulativní četnost pro kolo 5. rychlosti (RAD)
- Tab. č. 24: Počet oprav pro kolo 5. rychlosti (SCHALTRAD)
- Tab. č. 25: Kumulativní četnost pro kolo 5. rychlosti (SCHALTRAD)

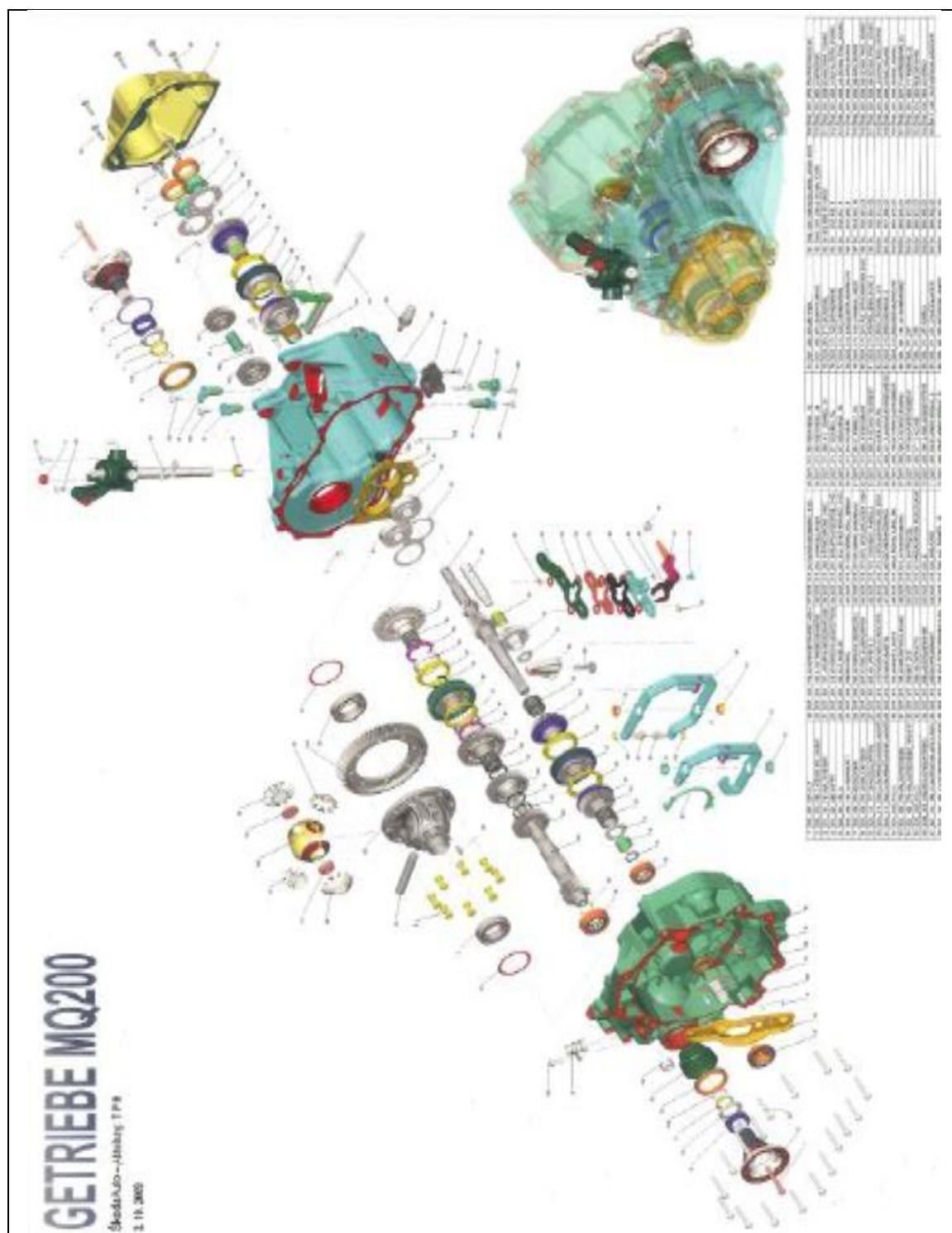
Seznam příloh

Příloha č. 1 – Sledování poškození ozubení

NS 2141
Měsíc/rok: 10/2012

02T 311 103	1	2	3	4	5
40 KT					
41 KT					
42 KT					
43 KT					
44 KT					

Příloha č. 2 – Převodovka MQ 200



Příloha č. 3 – CD

Katalog poškození dílů, Paretova analýza